



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
FACULDADE DE METEOROLOGIA**

ELIVALDO CARVALHO ROCHA

**LOCALIZAÇÃO DO EIXO PRINCIPAL DA ZONA DE
CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL POR MÉTODOS
NUMÉRICOS E ESTATÍSTICOS: LOCZCIT-IQR**

**BELÉM, PARÁ
DEZEMBRO DE 2022**

ELIVALDO CARVALHO ROCHA

**LOCALIZAÇÃO DO EIXO PRINCIPAL DA ZONA DE
CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL POR MÉTODOS
NUMÉRICOS E ESTATÍSTICOS: LOCZCIT - IQR**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado à Faculdade
de Meteorologia do Instituto de Geociências da
Universidade Federal do Pará, para obtenção do Grau de
Bacharel em Meteorologia.

Área de concentração: Geociências

Linha de pesquisa: Meteorologia

Orientador: Prof. Dr. EVERALDO BARREIROS DE
SOUZA

**BELÉM, PARÁ
DEZEMBRO DE 2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de
Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

R672l Rocha, Elivaldo Carvalho.

Localização do eixo principal da zona de convergência intertropical por
métodos numéricos e estatísticos: LOCZCIT-IQR / Elivaldo Carvalho
Rocha. — 2022.

39 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Everaldo Barreiros de Souza Trabalho de

Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2022.

1. ZCIT; IQR; B-Splines; ROL; LOCZCIT-IQR. I. Título.

CDD 551.5

ELIVALDO CARVALHO ROCHA

**LOCALIZAÇÃO DO EIXO PRINCIPAL DA ZONA DE
CONVERGÊNCIA INTERTROPICAL POR MÉTODOS
NUMÉRICOS E ESTATÍSTICOS: LOCZCIT-IQR**

Trabalho de Conclusão do Curso, apresentado à Faculdade
Meteorologia do Instituto de Geociências da Universidade
Federal do Pará, para obtenção do Grau de Bacharel em
Meteorologia.

Área de concentração: Geociências

Linha de pesquisa: Meteorologia

Data da defesa: 29 / 12 / 2022

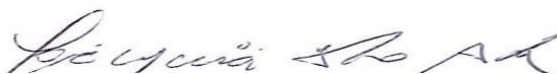
Banca Examinadora:



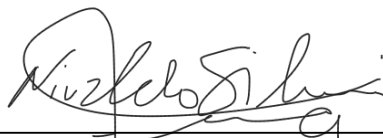
Prof. Everaldo Barreiros de Souza - Orientador
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará - UFPA



Prof. José Danilo da Costa Souza Filho - Membro interno
Doutor em Ciências Ambientais
Universidade Federal do Pará – UFPA



Prof. José Maria Brabo Alves - Membro externo
Doutor em Engenharia Civil – Recursos Hídricos
Universidade Estadual do Ceará – UECE



Prof. Nivaldo Silveira Ferreira - Membro externo
Doutor em Meteorologia
Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF

Ao meu avô, Antônio Julli Leal Rocha, e ao
meu filho, João Julli Soares Rocha, pois são
possuidores do meu amor, **dedico**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus e ao meu professor orientador, Dr. Everaldo Barreiros de Souza. Pois graças a sua dedicação e amor para com o ensino da Meteorologia, eu não teria evoluído e amadurecido técnica e cientificamente durante toda a minha vida acadêmica.

Por conseguinte, agradeço ao meu professor, Dr. Joaquim Carlos Barbosa Queiroz por todo o conhecimento repassado, principalmente, em Estatística e Geoestatística. Que sempre me recebeu sorrindo e tranquilizando quando tinha dificuldades.

Assim como, agradeço ao meu professor, Me. Felipe do Souto de Sá Gille. O qual me apresentou a Meteorologia Aeronáutica, e a partir de então, decidi contemplar profundamente esta criação divina que é a atmosfera por meio do estudo da Meteorologia.

Agradeço a minha esposa, Fernanda da Silva Soares, por todo o apoio e paciência durante essa caminhada. Pelos momentos de dificuldades que passamos juntos, sempre confiantes de que Deus guia nossos caminhos.

Agradeço a minha mãe, Laura Maria de Carvalho, que sempre me incentivou e acreditou que era capaz de alcançar minhas metas e sonhos.

Reconheço toda a dedicação de todos os professores e da Faculdade de Meteorologia em fornecer o melhor ensino. Sou muito grato e me orgulho de ter estudado na FAMET. Realmente, foi um presente de Deus.

“Na vida, somos eternos aprendizes, nem sempre tiramos nota dez, nem sempre vencemos uma luta, mas cada prova, cada obstáculo vencido, é mais um degrau para nosso sucesso.

Ao mantermos nossa mente motivada, conquistamos um poder imensurável de vencer.”

(Eugênia Haensel)

RESUMO

Uma ferramenta computacional foi aperfeiçoada para localizar o eixo central da Zona de Convergência Intertropical - ZCIT a partir de campos diários de radiação de ondas longas emergentes - ROL, com resolução espacial de 1° de latitude e 1° de longitude oriundas de sensoriamento remoto por satélite geoestacionário. Essencialmente, a técnica delimita uma área sobre o Oceano Atlântico que se estende de 10° sul até 15° norte e 45° oeste até 10° oeste, capturando as coordenadas que contêm os valores mínimos de ROL associados ao eixo central da banda de convecção profunda da ZCIT. Com as coordenadas identificadas examinou-se, especialmente, a latitude devido o fenômeno apresentar migração pendular meridional. Por conseguinte, a análise estatística dos valores de latitude foi realizada para detectar *outliers* usando o método IQR - intervalo interquartilico. Desta forma, o procedimento consegue contornar possíveis erros na identificação quando há presença de outros sistemas ocorrendo concomitantemente e possibilitando o monitoramento de uma área maior sobre o Oceano Atlântico. Passando como dados de entrada para a função de interpolação B-Spline apenas os pontos de coordenadas validadas pelo método IQR. Diante do aperfeiçoamento no procedimento, estudou-se o comportamento da ZCIT na escala de tempo pentadal de 1992 a 2021 com foco principal na 7ª à 26ª pentadas, período no qual a ZCIT está atuando climatologicamente na região Amazônica no Norte, e no Nordeste do Brasil. Do mesmo modo, acompanhou-se a ZCIT nas pentadas que vai de fevereiro a maio de 2022, e constatou-se um caso em que ocorreu distúrbio ondulatório de leste, porém o método conseguiu detectar as coordenadas em questão como sendo valor de latitudes discrepantes e não passando-as como entrada para a determinação do eixo principal da ZCIT.

Palavras-chave: ZCIT; IQR; B-Spline; ROL.

ABSTRACT

A computational tool was perfected to locate the central axis of the Intertropical Convergence Zone - ITCZ from daily fields of outgoing longwave radiation - OLR, with spatial resolution of 1° latitude and 1° longitude from remote sensing by geostationary satellite. Essentially, the technique scans an area over the Atlantic Ocean that extends from 10° south to 15° north and 45° west to 10° west, capturing the coordinates that contain the minimum OLR values associated with the central axis of the deep convection band of the ITCZ. With the identified coordinates, the latitude was examined, especially because the phenomenon presents meridional pendular migration. Therefore, statistical analysis of latitude values was performed to detect outliers using the IQR method - interquartile range. In this way, the procedure manages to circumvent possible errors in the identification when there is the presence of other systems occurring concomitantly and allowing the monitoring of a larger area over the Atlantic Ocean. Passing as input data to the B-spline interpolation function only the coordinate points validated by the IQR method. In view of the improvement in the procedure, the behavior of the ITCZ was studied in the pentadal time scale from 1992 to 2021, with a main focus on the 7th to 26th pentada, a period in which the ITCZ is operating in the Amazon region in northern Brazil and also in the northeast. In the same way, ITCZ was monitored in the pentada from February to May 2022, and a case was found in which there was an eastern wave disturbance, and the method was able to detect the coordinate in question as a discrepant latitude value and not passing as input for the determination of the main axis of the ITCZ.

Keywords: ZCIT; IQR; B-Spline; OLR.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Área de Atuação da ZCIT nos meses de fevereiro a abril, de 1992 a 2021.....	21
Figura 2 - Fluxograma do procedimento da LOCZCIT – IQR.....	25
Figura 3 - 35ª pentada de 2022, corresponde aos dias 20 a 24 de junho.....	26
Figura 4 - Posição média histórica, de 1992 a 2021, da ZCIT. Análise das pentadas de atuação na região Amazônica referente a área de estudo 1 ilustrada na Figura 1.....	27
Figura 5 - Climatologia pentadal e diária de ROL referente a área de estudo 2 ilustrada na Figura 1.....	28
Figura 6 - Diagrama Hovmoller de ROL (Wm^{-2}) para longitude 44,5° Oeste. Latitudes versus Pentadas de 1992 a 2021.....	29
Figura 7 - Diagrama Hovmoller de ROL (Wm^{-2}) para longitude 39,5° Oeste. Latitudes versus Pentadas de 1992 a 2021.....	30
Figura 8 - Diagrama Hovmoller de ROL (Wm^{-2}) para longitude 34,5° Oeste. Latitudes versus Pentadas de 1992 a 2021.....	31
Figura 9 - Acompanhamento Sinótico para 1ª e 2ª pentada de 2022 utilizando a LOCZCIT-IQR.....	32
Figura 10 - Acompanhamento Sinótico para 4ª e 5ª pentada de 2022 utilizando a LOCZCIT-IQR.....	32
Figura 11 - Acompanhamento Sinótico para 9ª e 10ª pentada de 2022 utilizando a LOCZCIT-IQR.....	33
Figura 12 - Acompanhamento Sinótico para 11ª e 12ª pentada de 2022 utilizando a LOCZCIT-IQR.....	33
Figura 13 - Acompanhamento Sinótico para 15ª e 16ª pentada de 2022 utilizando a LOCZCIT-IQR.....	34
Figura 14 - Acompanhamento Sinótico da posição média da ZCIT ocorrendo, concomitantemente, com Distúrbio ondulatório de leste no NEB, representado por coordenadas de ROL mínima classificadas como <i>outliers</i> no período de 21 a 30 (29ª a 30ª pentadas) de maio de 2022.....	34

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ASAS Alta Subtropical do Atlântico Sul

CDR Registro de Dados Climáticos

DOL Distúrbio Ondulatório de Leste

FUNCEME Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos

HIRS Sonda de Radiação Infravermelha de Alta Resolução

INMET Instituto Nacional de Meteorologia

IQR Intervalo Interquartilico

LI Limite Inferior

LS Limite Superior

NEB Nordeste brasileiro

NOAA Administração Nacional Oceânica e Atmosférica

ROL Radiação de Onda Longa Emergente

SIG Sistema de Informação Geográfica

SR Sensoriamento Remoto

ZCIT Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVO	16
2.1	Objetivo geral	16
2.2	Objetivos específicos	16
3	REVISÃO TEÓRICA	17
3.1	Sobre sensoriamento remoto	17
3.2	Sobre a Noaa	17
3.3	Sobre intervalo interquartilico	18
3.4	Outliers	18
3.5	Sobre splines	18
3.6	Python	19
3.7	Qgis	19
4	MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1	Base de dados	20
4.2	Área de estudo	20
4.3	Descrição e procedimentos	21
4.4	Aplicação da LOCZCIT-IQR	25
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5.1	Análise climatológica	27
5.2	Acompanhamento sinótico	32
6	CONCLUSÃO	35
	REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é um dos sistemas meteorológicos mais importantes dos trópicos, sendo parte integrante da circulação geral da atmosfera. A ZCIT encontra-se no ramo ascendente da célula de Hadley, no cinturão de baixa pressão equatorial. Essa circulação age transferindo calor e umidade (dos oceanos) das camadas inferiores da atmosfera nas regiões tropicais para as camadas superiores da troposfera e para latitudes altas e intermediárias (manutenção do equilíbrio térmico global). Devido à sua natureza termodinâmica, possui migração sazonal durante o ciclo anual, que apresenta um certo atraso devido o oceano reter grandes quantidades de energia e tardar para dissipá-la. Como fenômeno atmosférico presente na grande circulação, a ZCIT afeta nas condições meteorológicas, caracterizando o clima em diversas áreas do globo, em especial, no caso do Brasil, o setor oriental da região Norte e o semiárido no Nordeste (MOURA; SHUKLA, 1981; HASTENRATH; KUTZBACH, 1985; UVO, 1989). Estudos mostram que na região equatorial do Oceano Atlântico, o deslocamento, em anos normais, se dá desde a posição mais setentrional (cerca de 14°N) nos meses de agosto-setembro até a posição mais meridional (cerca de 2°S), nos meses em março-abril (CAVALCANTI et al., 2009). Esse traslado periódico, ligado a fatores que fazem com que os ventos alísios de nordeste e sudeste ora se fortaleçam, ora se enfraqueçam, desempenha um papel importante na determinação da estação chuvosa no norte e nordeste do Brasil. Em anos chuvosos, a ZCIT pode alcançar latitudes de até 5°S, próximo ao litoral nordeste, e promover ocorrência de altas taxas de pluviosidade, conforme constatado na estação chuvosa de 2008 (CAVALCANTI et al., 2009).

Diversas variáveis meteorológicas podem ser empregadas para determinar o posicionamento da ZCIT, mas, raramente essas variáveis coincidem com seu verdadeiro estabelecimento espacial. Melo et al. (2002) investigando os ramos da componente meridional do vento em níveis baixos; os ramos de deslocamento ascendente (ômega) a 500 hPa; a radiação de onda longa emergente (ROL) e a confluência em 1000 hPa na faixa do cavado equatorial sobre o Atlântico reitera que esses campos são incongruentes com a configuração espacial da ZCIT. No entanto, segundo os pesquisadores as diferenças mais importantes são observadas nas longitudes vizinhas aos continentes americano e africano. Eles sugerem que os domínios de ROL e ômega sejam mais adequados para encontrar a ZCIT.

A Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME),

localizado no NEB, tem importantes contribuições no estudo da ZCIT. Através de seus notórios empenhos para desenvolver novas formas de observar o tempo em territórios cujo clima, em especial, é o semiárido. Porém os resultados alcançam outras regiões do Brasil. Nessa acepção, Pimentel e Fereira (1992) criaram um método para identificar o eixo central da ZCIT utilizando imagens digitais, no canal infravermelho, do satélite geoestacionário METEOSAT 5. O método busca identificar pixels relacionados à cobertura de nuvens, conforme a escolha da área a ser analisada pelo meteorologista, sendo assim, o método não é totalmente objetivo. Em sua idealização, possibilita que várias imagens infravermelhas do METEOSAT sejam combinadas para rastrear a ZCIT em várias escalas de tempo. Para cada longitude, é detectada a latitude que possui os menores valores de temperatura de brilho. Assim sendo, não há imposição de determinar um limiar pois o meteorologista já escolheu uma área de nebulosidade exclusiva do fenômeno.

No monitoramento sistemático das variações da ZCIT, Gadgil e Guruprasad (1990) executam maneiras objetivas que utilizam ROL e albedo para classificar áreas de intensa atuação convectiva. Dessa maneira, de forma comparativamente descomplicado, é factível encontrar a posição do eixo central da ZCIT. A operação adotada pelos autores é identificar grades de $2,5^\circ$ de latitude por $2,5^\circ$ de longitude, em que o albedo é maior que 0,5 e o ROL flutua entre 180 e 210 Wm^{-2} . A partir desses limiares, é possível suprimir baixas e médias nuvens que podem obscurecer a representação dos resultados na identificação da ZCIT, traçando de forma básica seu rearranjo espacial.

Ferreira et al. (2005) desenvolveram um procedimento numérico para a localização automática do eixo convectivo central da ZCIT sobre o Oceano Atlântico tropical. A técnica é similar ao proposto por Pimentel e Fereira (1992), mas utiliza o campo de radiação de onda longa (ROL) oriundas de sensoriamento remoto por satélite com resolução espacial de $2,5^\circ$ de longitude por $2,5^\circ$ de latitude, em vez de imagens infravermelhas, também, de satélite geoestacionário, considerando os limiares de ROL empregados por Gadgil e Guruprasad (1990). De acordo com os autores, o processamento direto do campo de ROL revelou-se mais flexível e eficiente em termos computacionais. Devendo-se, principalmente, ao fato de evitar o processamento de “pesadas” imagens digitais de satélite geoestacionário. Desta forma, mesmo pequenos centros meteorológicos que não possuem muitos recursos e infraestrutura, podem copiar os dados diários de ROL e através do método executar operacionalmente seu próprio monitoramento.

Neste estudo, a LOCZCIT-IQR é proposta como um procedimento numérico que busca o aprimoramento para localizar automaticamente o eixo central convectivo da ZCIT sobre o Oceano Atlântico equatorial. Diferentemente, da LOCZCIT de Ferreira et al. (2005), neste método utilizou-se a detecção dos valores mínimos de ROL. Porém, nem todas as coordenadas com esta características é utilizada para determinar o eixo central. Esses pontos foram submetidos a análise de intervalo interquartilico a fim de avaliar o grau de espalhamento meridional desses pontos que identificam a máxima atuação da ZCIT. Por mérito desta técnica estatística - IQR, em combinação com métodos numéricos - Splines, foi possível identificar imediatamente as latitudes que não pertencem ao eixo central de atuação do sistema, de forma que a LOCZCIT-IQR também pode ser executada em uma área de monitoramento maior.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Identificar, automaticamente e de forma objetiva, o eixo médio de maior atividade convectiva da ZCIT sobre o Oceano Atlântico equatorial.

2.2 Objetivos específicos

- Analisar a climatologia dos períodos e faixa de atuação da ZCIT na escala temporal pentadal de 1992 a 2021, próximo a costa Norte e Nordeste do Brasil.
- Realizar acompanhamento sinótico da ZCIT da 1^a a 30^a pentadas de 2022, para verificação de acurácia da LOCZCIT - IQR.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 Sobre sensoriamento remoto

O conceito de sensoriamento remoto (SR) pode ser interpretado de formas diferentes. Segundo “Introdução ao sensoriamento remoto” (2016), SR é definida como a obtenção de informações sobre uma propriedade de um objeto ou fenômeno sem interagir fisicamente com ele. As informações sobre os objetos-alvo seriam obtidas pela detecção e medição das alterações eletromagnéticas, acústicas ou potenciais que o objeto exerce em seu ambiente. No entanto, os mesmos autores afirmam que o vocábulo sensoriamento remoto geralmente é usado para se referir a técnicas eletromagnéticas que se originam de sensores instalados em plataformas de grande altitude, como balões, foguetes, aeronaves ou satélites. Em qualquer caso, SR refere-se a coleta de dados à distância, não mensurações *in situ*. Algumas aplicações:

- Monitoramento atmosférico: temperatura, precipitação, distribuição e tipo de nuvens, velocidade do vento, concentração de gases como vapor d’água, dióxido de carbono, ozônio, etc.

- Monitoramento da superfície terrestre (aplicações): geologia, geografia, agronomia, vegetação, uso e cobertura da terra, etc.

- Monitoramento oceânico: temperatura da superfície do mar (SST), topografia da superfície (correntes oceânicas, marés), cor do oceano (poluição, sedimentos, concentração de clorofila, produtividade primária, etc.) e rugosidade da superfície (ventos na superfície, ondas, poluição por óleo, frentes oceânicas, etc).

- Monitoramento da criosfera terrestre: acúmulo de gelo e neve em regiões polares e icebergs.

3.2 Sobre a Noaa

Administração Nacional Oceânica e Atmosférica (NOAA) pesquisa e coleta dados sobre os oceanos globais, atmosfera, espaço e radiação solar e utiliza esse conhecimento na ciência e no serviço que influi sobre a vida de todos. A NOAA adverte sobre tempo e mapeia mares e céus, orienta o uso e a proteção dos recursos oceânicos e costeiros e realiza pesquisas para melhorar a compreensão e a administração do meio ambiente que sustenta a todos nós. A NOAA, uma agência do departamento de Comércio, provê esses

serviços por meio de cinco organizações principais: o *National Weather Service*; o *National Ocean Service*; o *National Marine Fisheries Service*; o *National Environmental Satellite, Data and Information Service* e o *Office of Ocean and Atmosphere*; e muitos programas especiais. Além disso, a pesquisa e as operações da NOAA são apoiadas pelo sétimo serviço uniformizado da NOAA, os *NOAA Corps*, oficiais comissionados compostos por homens e mulheres que operam navios e aeronaves da NOAA e proveem capacidades científicas e administrativas. informações Adicionais: *NOAA Public Administration, 14th Street e Constitution Avenue NW, 6013, Washington, D.C. 20230. Fone (202) 482-6090 (NOAA'S, 1980).*

3.3 Sobre intervalo interquartil

A amplitude interquartil (IQR) foi desenvolvida no campo da estatística para avaliar o grau de dispersão dos dados em torno de uma medida de centralidade (ADVANCEMENT OF SCIENCE et al., 1883; GUEDES et al., 2005)

3.4 Outliers

Outlier(s) é definido, em uma série de números, como aquele(s) que apresenta(m) uma grande variação ou inconsistência em relação aos demais valores da série. Este método é usado em vários estudos, como análise de fraude eleitoral, detecção de fraude de cartão de crédito ou previsão do tempo (OLIVEIRA et al., 2014).

3.5 Sobre splines

Uma spline é uma curva definida matematicamente por dois ou mais pontos de controle. Os pontos de controle de uma curva são denominados de *nós*. Outros pontos determinam a tangente da curva no *nó* correspondente. São usadas para se referir a tipos amplos de funções utilizadas em aplicativos que requerem interpolação e/ou suavização de dados. Os dados podem ser unidimensionais ou multidimensionais. A função spline para interpolação é geralmente definida como a redução de rugosidade ideal (isto é, curvatura integral quadrática) a ser minimizada sob as limitações de interpolação. Os spline de suavização podem ser vistos como generalizações de spline de interpolação, onde as funções são determinadas para minimizar uma combinação ponderada do erro quadrado médio de aproximação sobre os dados de controle. São

consideradas de solução finitas, por esse motivo bastante eficientes em cálculos e representações em interações físicas nas quais não se conhece as relações matemáticas (BARTELS; BEATTY; BARSKY, 1998).

3.6 Python

Python é uma linguagem de programação de alto nível, dinâmica, interpretada, modular, multiplataforma e orientada a objetos: uma forma específica de organizar o software onde, em termos gerais, os procedimentos estão sujeitos a classes que permitem maior controle e estabilidade do código para grandes projetos.

Idealizado e desenvolvido por Guido Van Rossum, um matemático holandês, no início dos anos 1990, o Python foi criado com o objetivo de otimizar a leitura de código e aumentar a produtividade de quem cria códigos, seja programador ou qualquer outro profissional (VANROSSUM; DRAKE, 2009).

3.7 Qgis

O QGIS é um SIG (Sistema de Informação Geográfica) de código aberto cujo projeto foi lançado em 2002 para facilitar a visualização de dados. *SourceForge* é um repositório de código-fonte on-line onde os desenvolvedores gerenciam projetos gratuitos e de código aberto juntos. QGIS pode ser usado em Linux, Unix, Windows e OS X por todos com acesso básico a um computador pessoal. Atualmente, o QGIS permite, além da visualização, a criação e edição de dados matriciais e vetoriais em diversos formatos através de seus plugins. O programa está licenciado sob o *general Public License* (GPL), que permite aos usuários modificar o código-fonte para obter acesso permanente ao aplicativo e sua distribuição sem nenhum custo (QGIS Development Team, 2016). Além disso, com a integração do GRASS e a extensibilidade fornecida pelas extensões o QGIS torna-se uma ferramenta ainda mais eficiente e robusta para usuários de SIG (MANGHI; CAVALLINI; NEVES, 2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Base de dados

ROL é a sigla para radiação de onda longa emergente. É a radiação emitida pela terra para o espaço, com o valor mais alto no espectro do infravermelho. Desta forma, é possível saber a temperatura de brilho do objeto que emitiu uma determinada radiação. Uma das características das nuvens convectivas é que elas têm topos comparativamente altos e frios; e, valores baixos de ROL estão associados a nuvens convectivas.

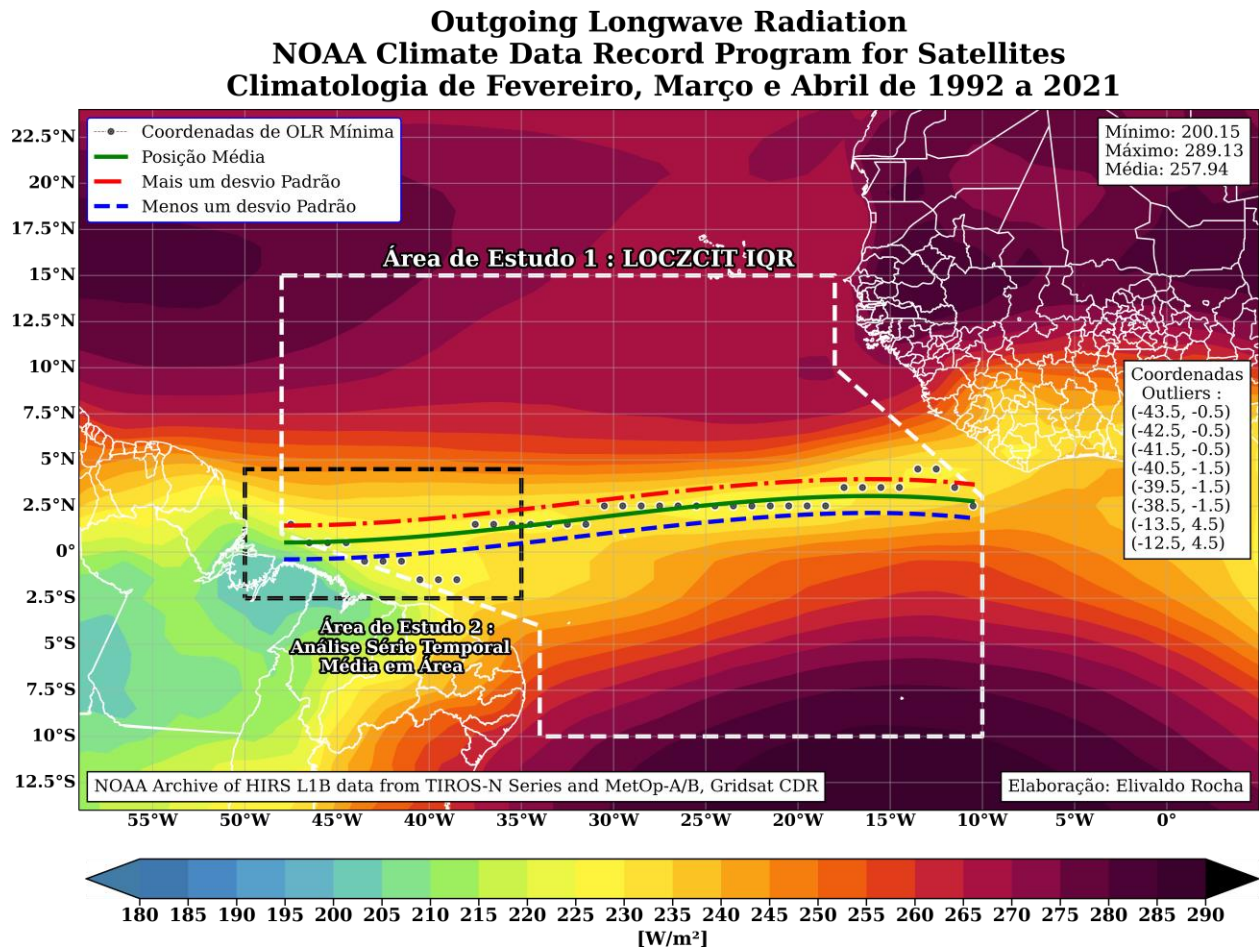
Os dados diários de ROL do *CDR* (*Climate Data Record*), desenvolvidos pelo *National Oceanic and Atmospheric Administration – NOAA* - órgão vinculado ao governo federal dos Estados Unidos da América (<https://www.noaa.gov/>) e pela universidade de Maryland, possui o fluxo médio diário de radiação de onda longa emergente de 1° longitude por 1° de latitude no topo da atmosfera. Obtido a partir de observações de radiância do instrumento *HIRS* (*High Resolution Infrared Radiation Sounder*) embarcado nos satélites *NOAA TIROS-N*; de observações dos satélites de órbita polar *Eumetsat MetOp* e, também, de instrumentos herdados e atuais dos Imageadores a bordo dos satélites geoestacionários operacionais multinacionais. Os quais podem ser acessados por todos no endereço eletrônico disponibilizado pela *NOAA*: “<https://www.ncei.noaa.gov/data/outgoing-longwave-radiation-daily>”.

Nos dados de ROL são usados modelos de regressão multiespectrais (ELLINGSON et al., 1989; LEE, 2014). O processamento do *CDR* inclui calibração de radiância *HIRS*, calibração entre satélites *HIRS ROL*, normalização de recuperação de ROL baseada em geoestacionário para *HIRS* e integração temporal de 7 dias respaldada em grade assistida com ROL embasado em Imageador derivado de dados *Gridsat CDR* (LEE, 2014).

4.2 Área de estudo

Em termos de clima, a ZCIT afeta diretamente as condições meteorológicas do Norte e do Nordeste do Brasil (NEB) nos meses de fevereiro a abril (UVO, 1989). Por essa razão é selecionada a região equatorial do Oceano Atlântico compreendida entre as longitudes de 55° oeste a 5° leste e 12,5° sul a 22,5° norte, na Figura 1. Pode-se verificar a área de estudo 1, onde aplicou-se a LOCZCIT – IQR. E área de estudo 2, na qual foi submetida a análise de série temporal média em área.

Figura 1 - Área de Atuação da ZCIT nos meses de fevereiro a abril, de 1992 a 2021.



4.3 Descrição e procedimentos

A linguagem de programação de desenvolvimento da LOCZCIT-IQR foi Python 3.7.15 (VAN ROSSUM; DRAKE, 2009) com recursos das bibliotecas Scipy (VIRTANEN et al., 2020), Xarray (HOYER; HAMMAN, 2017), Cartopy (MET OFFICE, 2010 - 2015), Shapely (GILLIES et al., 2007) e Matplotlib (HUNTER, 2007). A preferência pelo Python dá-se a veracidade de ser uma linguagem de alto nível, isto é, um sistema lógico mais próximo da linguagem escrita convencional, de uso livre e provida de bons recursos com propósitos científicos, reduzindo a perda de tempo na resolução computacional de processos que vão além dos objetivos profissionais dos pesquisadores que não são programadores de formação. Sendo assim, a linguagem Python se ostenta como uma excelente opção para quem procura uma ferramenta de aprendizado elegante e descomplicada. Além do mais, possui larga potencialidade de aplicação em inúmeras áreas da ciência e com muitas bibliotecas criadas e disponíveis que facilitam o decurso de desenvolvimento e solução de problemas.

O método adotado neste trabalho é baseado nas propostas expostas por Pimentel e Ferreira (1992) e Ferreira et al. (2005). A LOCZCIT-IQR irá capturar todas as coordenadas que marca a máxima atuação da convecção, ou seja, não se utilizou limiar, mas os menores valores de *ROL*. Realizando uma varredura de forma ordenada e guardando-as em um banco de dados. Com essa criação, as coordenadas de latitudes são submetidas a análise de intervalo interquartílico - IQR, para detectar latitudes discrepantes, ou seja, *outliers*, que são coordenadas as quais não estão associadas a atuação do eixo médio da ZCIT.

A amplitude interquartílica (IQR) (ADVANCEMENT OF SCIENCE et al., 1883; GUEDES et al., 2005) foi desenvolvida na área da estatística para avaliar o grau de dispersão dos dados em torno de uma medida de centralidade. Para entender melhor o comportamento dos dados (sejam discretos ou contínuos), examina-se o estudo da variância dos dados com técnicas que reforçam a análise geral, como desvio padrão e a variância.

Entretanto, o desvio padrão e a variância calculam a medida de dispersão sem considerar a ordem. Já o intervalo interquartílico qualifica a dispersão dos dados somente após classificar os dados em ordem crescente. O IQR é avaliado a partir de quartis: primeiro quartil (inferior), quartil intermediário (mediana), terceiro quartil (superior). Em suma, o IQR é a diferença entre o terceiro e o primeiro quartil de uma distribuição de dados.

$$IQR = Q_3 - Q_1 \quad (1)$$

Em seguida, estabelece-se o critério de limite inferior e de limite superior nos quartis (latitudes fora desses limites são consideradas inconsistentes).

$$LI = Q_1 - c \cdot IQR \quad (2)$$

$$LS = Q_3 + c \cdot IQR \quad (3)$$

em que *LI* e *LS* são o limite inferior e o limite superior, respectivamente.

Embora *c* seja uma constante referente aos números reais \mathbb{R} e possa assumir qualquer valor, é mais aconselhável usar o valor 1,5 (ADVANCEMENT OF SCIENCE et al., 1883; GUEDES et al., 2005). Com *c* igual a 1,5 pode-se capturar mais de 99% dos dados sob uma curva normal para mais e menos o limite superior e inferior, mas não é eficiente em capturar 100% dos dados deixando uma margem para visualização de valores extremos. Então, os cálculos do limite superior e do limite inferior podem ser dados como:

$$LI = Q_1 - 1,5 \cdot IQR \quad (4)$$

$$LS = Q_3 + 1,5 \cdot IQR \quad (5)$$

em que LI e LS são o limite inferior e o limite superior, respectivamente.

Por mérito desta ferramenta estatística, o meteorologista pode aplicar o procedimento em uma área de atuação da ZCIT consideravelmente maior. Com as coordenadas validadas pelo método IQR, segue-se o procedimento utilizando a Spline, método numérico de interpolação.

A palavra spline faz alusão, historicamente, quando os construtores navais utilizavam tiras de madeira flexíveis chamadas “spline”, do idioma inglês, colocadas entre pesos de metal chamados “sapatas”. Usualmente, as curvas criadas dessa maneira eram infinitamente contínuas, exceto perto das sapatas.

No campo matemático da análise numérica, a interpolação spline é uma forma de interpolação na qual o interpolante é um tipo especial de polinômio por partes. Ou seja, em vez de adequar um único polinômio de ordem superior a todos os valores simultaneamente, a spline adapta polinômios de ordem inferior a pequenos subconjuntos de valores. Muito utilizado no ramo da geometria para ajustar curvas entre um conjunto de pontos.

O termo “*B-spline*”, criado por Isaac Jacob Schoenberg (SCHOENBERG, 1973), é uma abreviação de “*basis spline*”. Uma função spline de ordem n é equivalente a junção de várias partes de funções polinomiais de ordem $n - 1$. Os lugares onde as funções se encontram são chamados de *nós*. Curvas spline são contínuas nos *nós*, assim como suas derivadas, dependendo da ordem da spline e da multiplicidade de *nós*.

Um *B-spline* é uma curva paramétrica composta por uma combinação linear de base *B-spline* e essas curvas são representadas como $B_{i,n}$ e pontos de controle $P_i (i = 0, \dots, m)$ no qual:

$$P(t) = \sum_{i=0}^m P_i B_{i,k}(t) \quad (6)$$

Sendo nós: $t_0 \leq t_1 \leq \dots \leq t_{k+m}$, que subdividem no domínio de curvas B-spline em um conjunto de intervalos $[t_i, t_{i+1})$. Então B-spline pode ser definida:

$$B_{i,t}(t) = \begin{cases} 1, & t_i \leq t < t_{i+1} \\ 0, & \text{caso oposto} \end{cases} \quad (7)$$

$$B_{i,k}(t) = \frac{t - t_i}{t_{i+k-1} - t_i} B_{i,k-1}(t) + \frac{t_{i+k} - t}{t_{i+k-1} - t_i} B_{i+1,k-1}(t) \quad (8)$$

Utilizou-se Scipy (VIRTANEN et al., 2020) para calcular as splines. Scipy é um pacote Python (VAN ROSSUM; DRAKE, 2009), 100% de código aberto, gratuito para uso de todos. Fornece algoritmos para otimização, integração, interpolação, equações algébricas, equações diferenciais, estatísticas e entre outras.

A função de interpolação B-spline do pacote Scipy possibilita passar parâmetros de pesos e suavização das curvas. Elegueu-se que o inverso do desvio padrão entre a latitude de ROL mínima, validado pelo IQR, e a linha do equador fornece pesos adequados para a B-spline. Sendo assim, latitudes de ROL mínima que estão próximas a linha do equador tem maior peso, e latitudes que estão mais distantes da linha do equador tem menor peso. Já o parâmetro de suavização, é encontrado em um intervalo conforme descrito abaixo:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2}{N}} \quad (9)$$

$$\omega = \frac{1}{\sigma} \quad (10)$$

$$S = [N - \sqrt{2 \cdot N}, N + \sqrt{2 \cdot N}] \quad (11)$$

em que σ , X_i , μ , N , ω , e S são o desvio padrão, os valores de latitude, média, número de pontos de latitude, peso e suavização, respectivamente.

Exemplo:

2,5° norte e 0° latitude

$$\sigma = \sqrt{\sum (X_i - \mu)^2 / N} = \sqrt{1,5625} \approx 1,25$$

$$\omega = 1/\sigma = 1/1,25 = 0,8$$

0,5° norte e 0° latitude

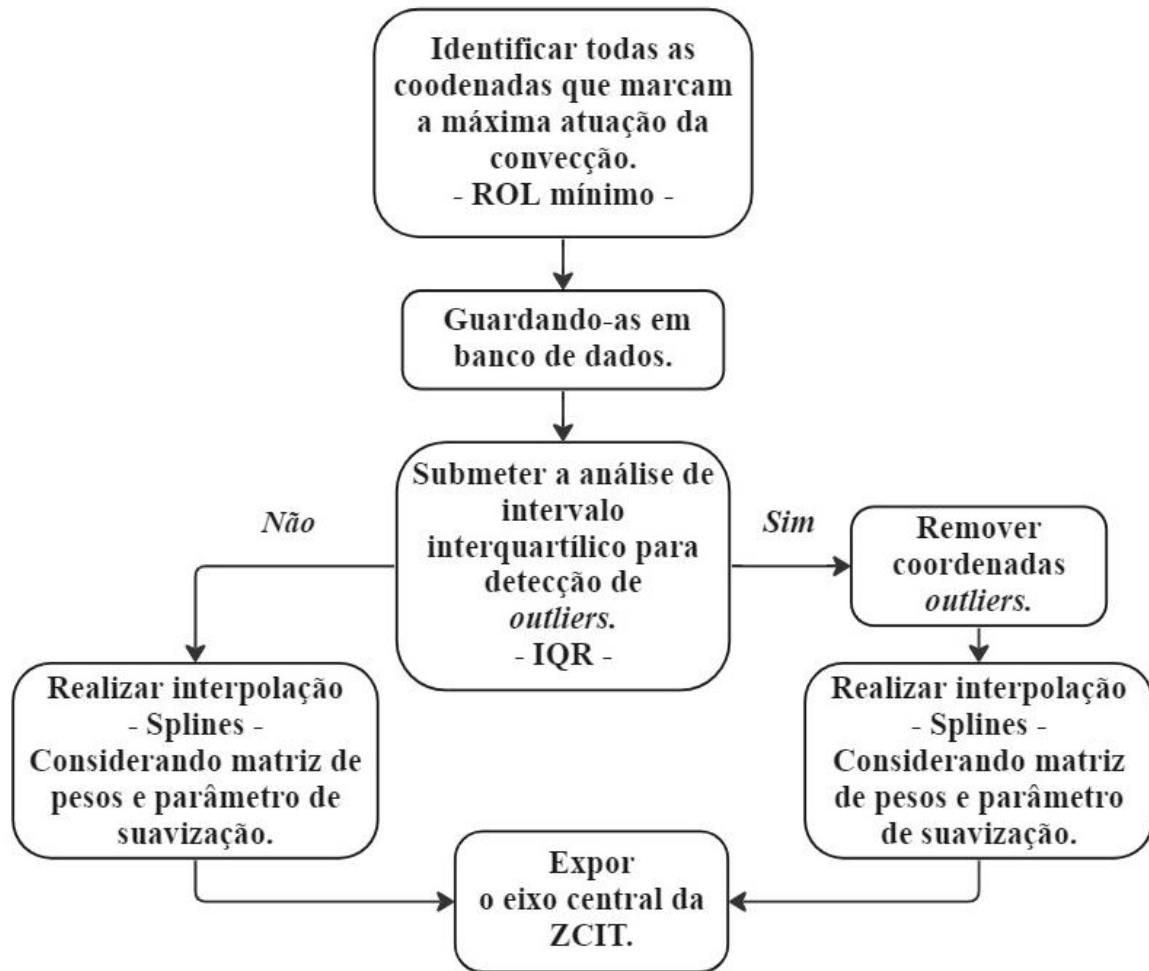
$$\sigma = \sqrt{\sum (X_i - \mu)^2 / N} = \sqrt{0,0625} \approx 0,25$$

$$\omega = 1/\sigma = 1/0,25 = 4$$

4.4 Aplicação da LOCZCIT-IQR

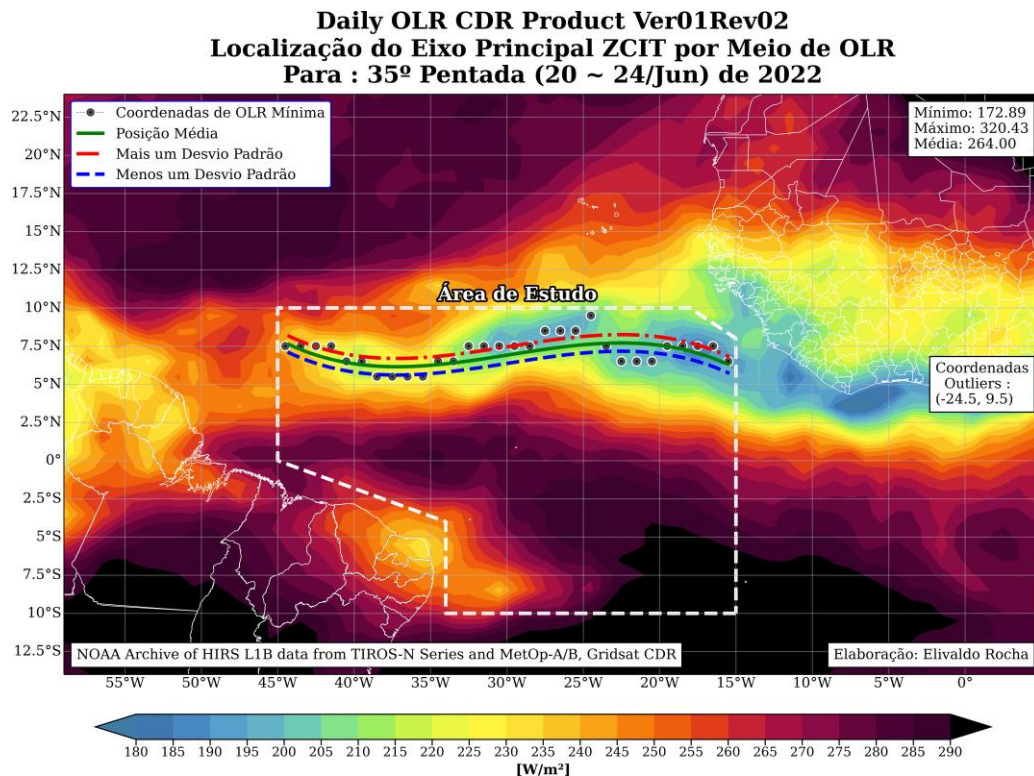
Na figura 2, tem-se a representação sistemática dos procedimentos adotados por meio de fluxograma.

Figura 2 - Fluxograma do procedimento da LOCZCIT - IQR.



Pode-se observar que, na figura 3, o procedimento da LOCZCIT-IQR estima a posição média da ZCIT mesmo sendo aplicada em uma área, consideravelmente, extensa do Oceano Atlântico. A linha indicada na cor verde representa o eixo médio da ZCIT. A linha vermelha representa um desvio padrão para mais, e a linha tracejada em azul um desvio padrão para menos. Os pontos indicados na cor preta identificam coordenadas de ROL mínima. Também se verifica, na figura 3, quais coordenadas foram identificadas como *outliers*. Desta forma, é possível analisar tanto intensidade, quanto a faixa de atuação. Evidenciando o comportamento ondulatório do fenômeno.

Figura 3 - 35ª pentada de 2022, corresponde aos dias 20 a 24 de junho.

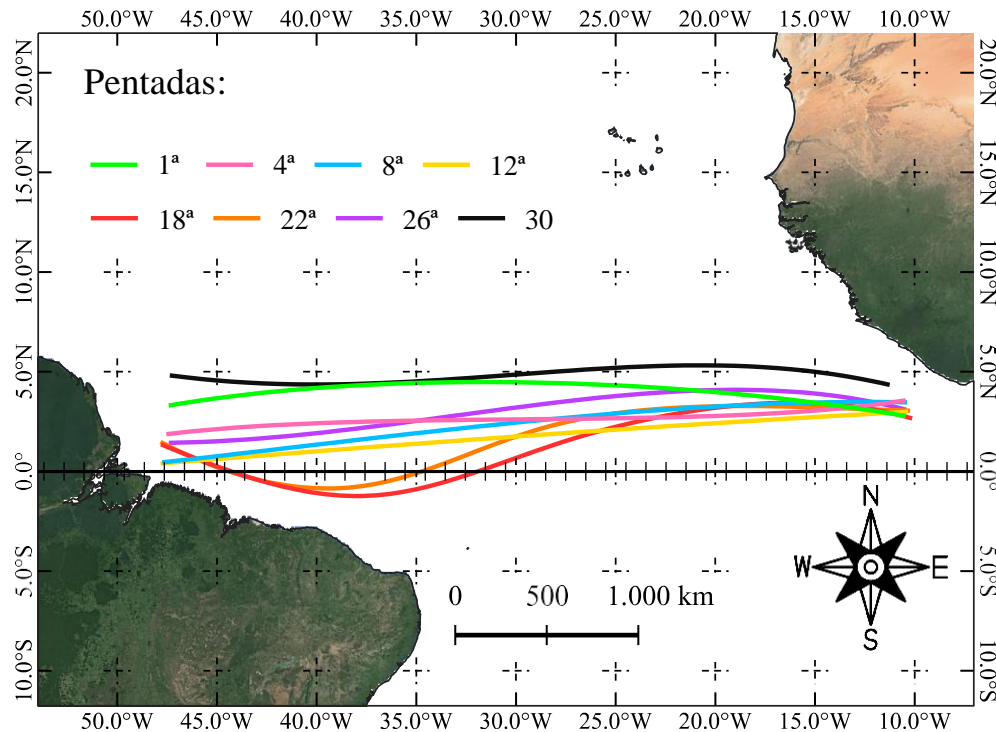


5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise climatológica

Conforme nos estudos de Xie e Philander (1994), constata-se a posição média da ZCIT está localizada, preferencialmente, ao norte do Atlântico equatorial. Há muito tempo é um fato intrigante que a ZCIT se posicione ao norte do equador sobre o Atlântico, embora a insolação média anual no topo da atmosfera seja simétrica. Na figura 4, evidencia-se que o período de 5 de fevereiro a 10 de maio (8ª a 26ª pentada) é o período de atuação na região Norte, tendo as pentadas 18ª a 22ª período no qual a ZCIT se apresenta com maior inclinação para o hemisfério sul. Observa-se a sobreposição das posições à medida que se aproxima do continente africano, devido esta região do Atlântico equatorial apresentar condições termodinâmicas mais estáveis.

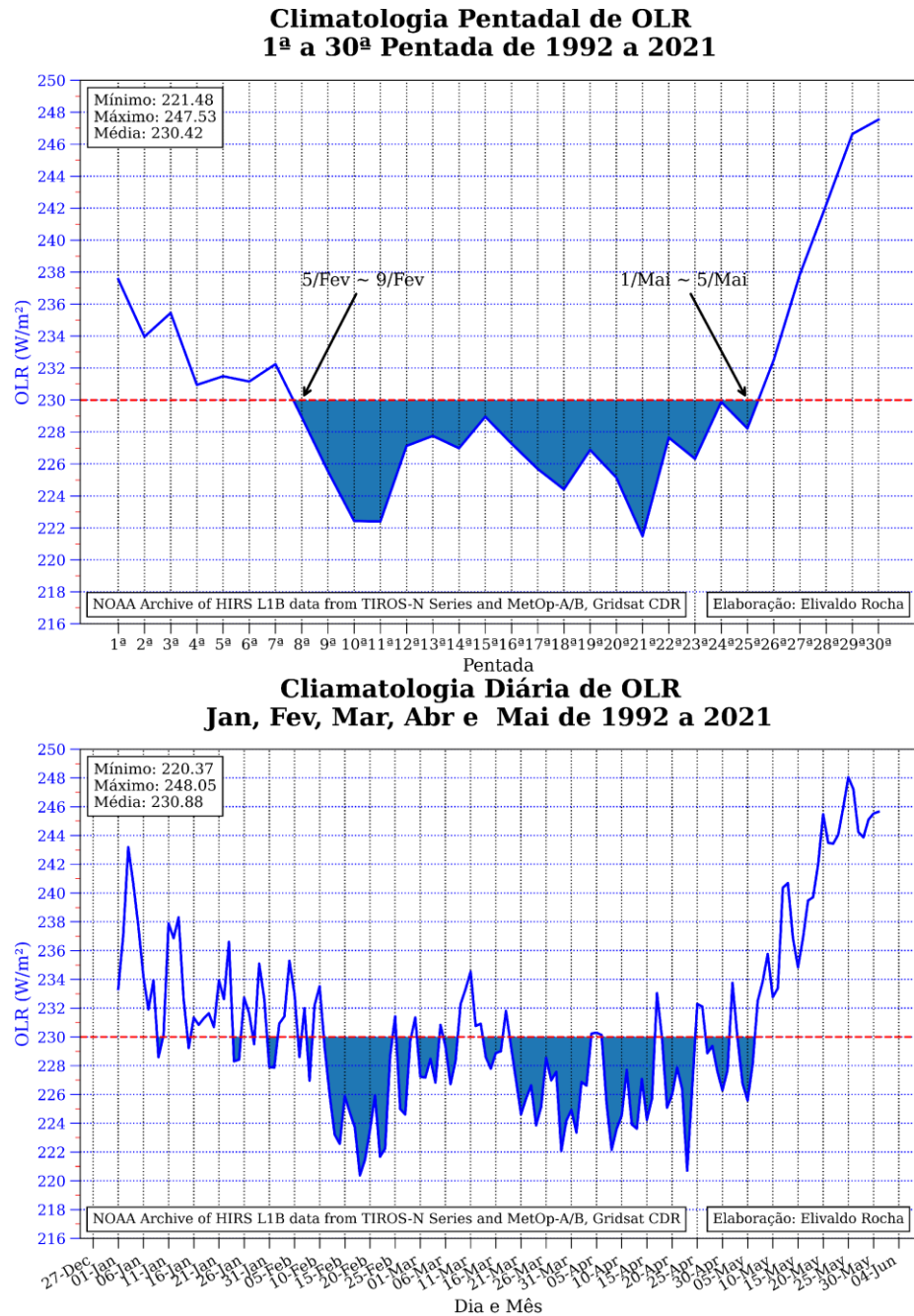
Figura 4 - Posição média histórica, de 1992 a 2021, da ZCIT. Análise das pentadas de atuação na região Amazônica referente a área de estudo 1 ilustrada na figura 1.



Para melhor apreciação dos períodos de atuação e fortalecer a análise espacial do posicionamento, é importante analisar a série temporal média em área de ROL do local de estudo 2. Pode-se verificar, na figura 5, que o período no qual ROL está menor que 230 Wm^{-2} compreende as pentadas que vai da 8ª a 25ª na climatologia pentadal. Na climatologia

diária, ocorre que o período de atuação da ZCIT na região Norte, começa por volta do dia 10 de fevereiro e termina por volta do dia 5 de maio.

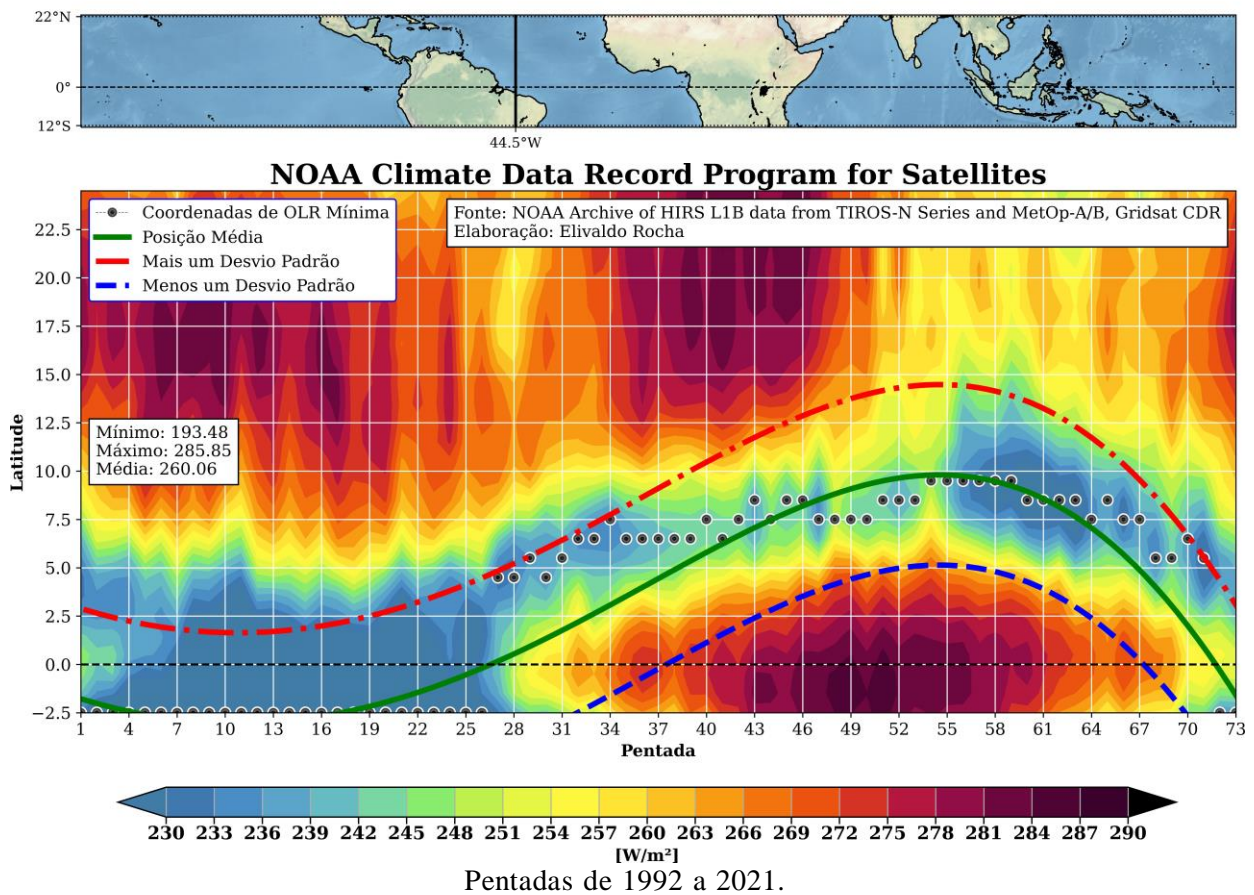
Figura 5 - Climatologia pentadal e diária de ROL referente a área de estudo 2 ilustrada na Figura 1.



Compreende-se da análise do diagrama de Hovmoller para a longitude de 44,5° Oeste representando a região Norte, figura 6, o ciclo anual meridional da ZCIT. Observa-se que devido a proximidade com o continente outros sistemas meteorológicos de escalas menores, como linhas de instabilidades por exemplo, passam a se associar com a ZCIT, e por consequência, encobrendo o início de atuação. Levando em consideração isso, verifica-se que a posição média da ZCIT tem início na região Amazônica, um pouco mais cedo, por volta da 72ª pentada.

Figura 6 - Diagrama Hovmoller de ROL (Wm^{-2}) para longitude 44,5° Oeste. Latitudes versus

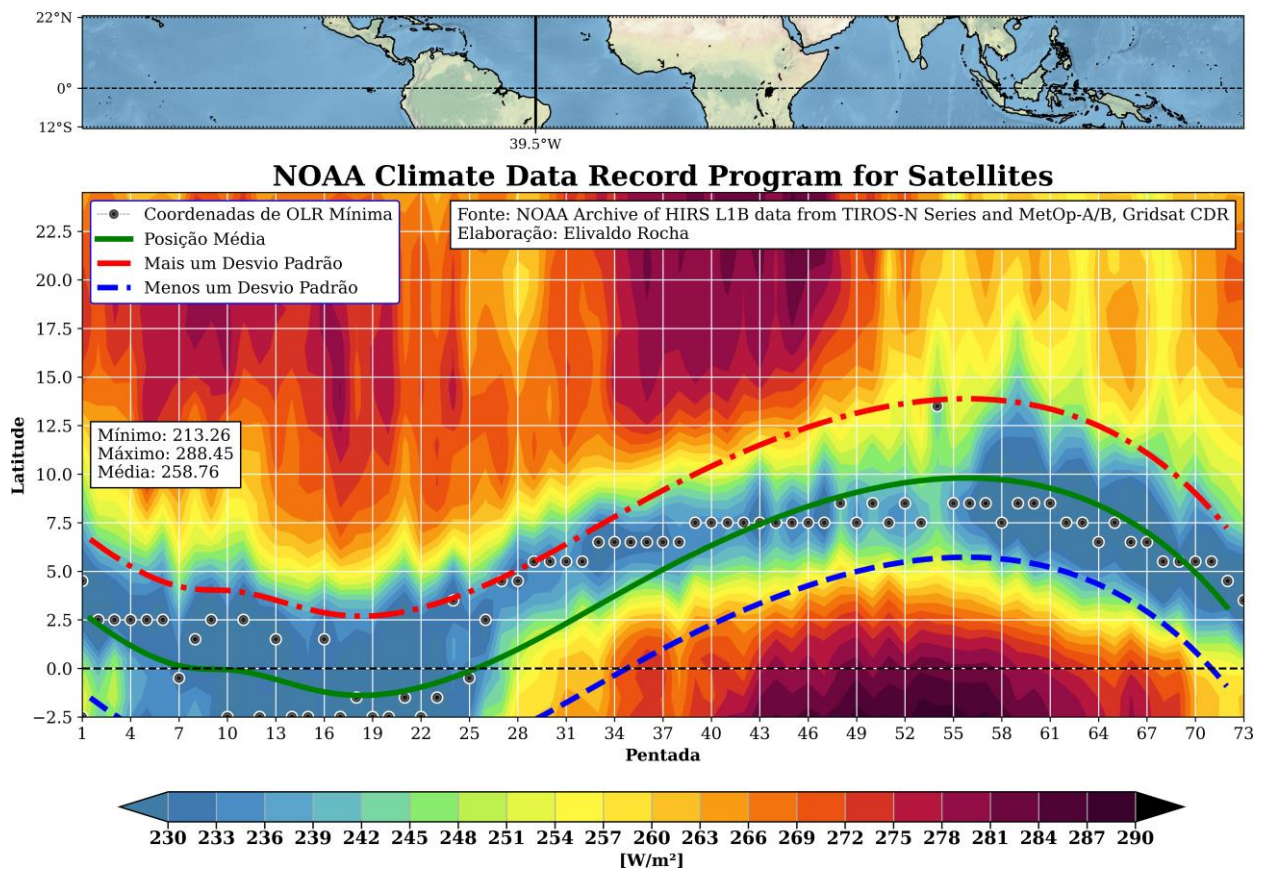
Localização do Eixo Principal ZCIT por Meio de OLR
Climatologia : de 1992 a 2021
Hovmoller Pentadal para Longitude 44.5° W



A análise do diagrama de Hovmoller, para a longitude de 39,5° Oeste representando a região Nordeste na figura 7, indica que a ZCIT alcança o hemisfério sul a começar da 7ª pentada, passando atuar de forma dominante na região Norte. E retornando para o hemisfério norte a partir da pentada 26ª.

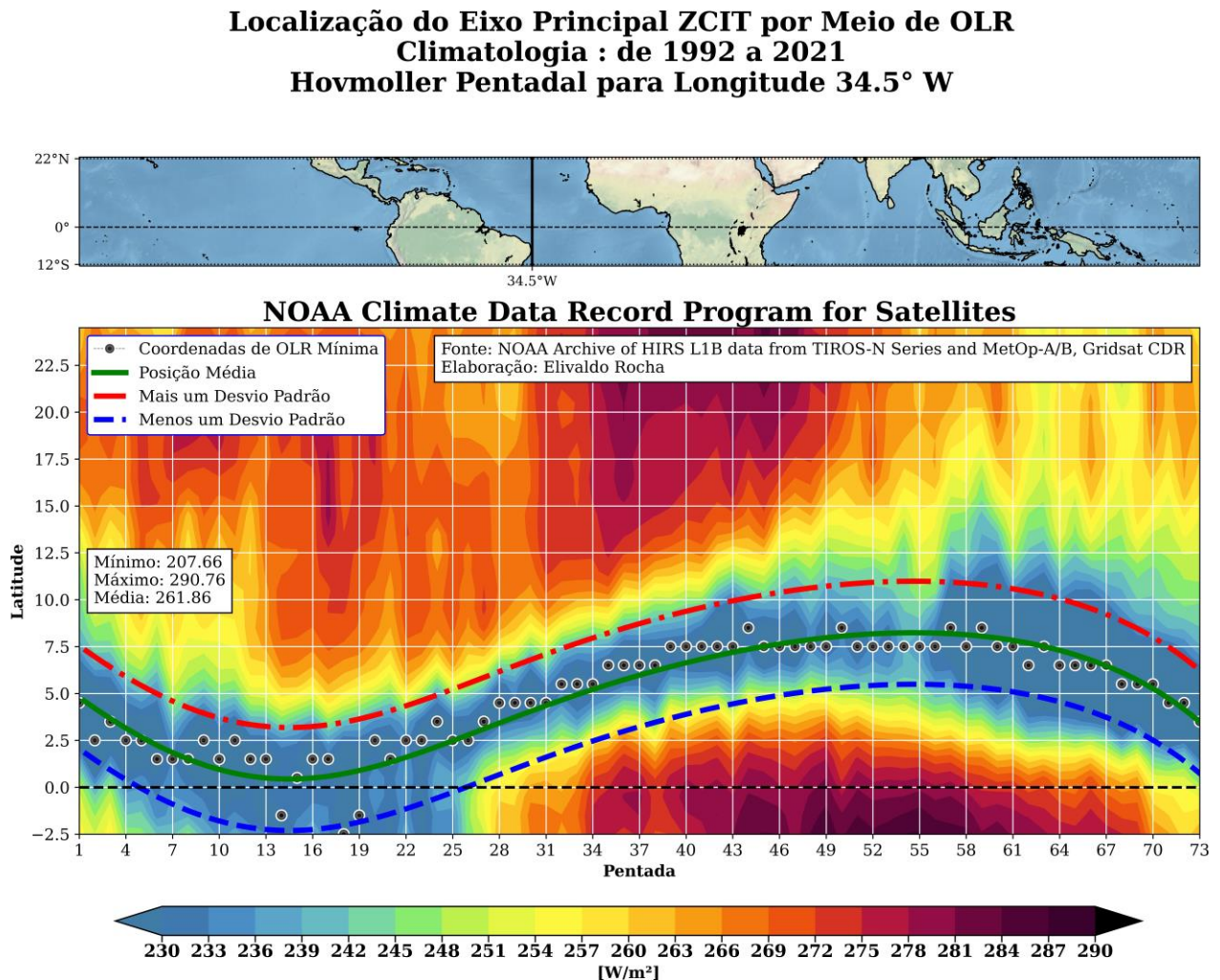
Figura 7 - Diagrama Hovmoller de ROL (Wm^{-2}) para longitude 39,5° Oeste. Latitudes versus Pentadas de 1992 a 2021.

Localização do Eixo Principal ZCIT por Meio de OLR
Climatologia : de 1992 a 2021
Hovmoller Pentadal para Longitude 39.5° W



A análise do diagrama de Hovmoller, para a longitude de $34,5^\circ$ Oeste representando a costa da região Nordeste na figura 8, comprova que a configuração média da ZCIT se dá ao norte da linha do equador. Vale ressaltar que distúrbios ondulatórios de leste, sistemas de escala sinótica, podem atuar de forma associada a ZCIT, possibilitando com que alcance latitudes mais ao sul (CAVALCANTI et al., 2009). Mas também, a ZCIT pode atingir posições meridionais extremas em anos de La Niña - modulador climático-oceânico (UVO,1989).

Figura 8 - Diagrama Hovmoller de ROL (Wm^{-2}) para longitude $34,5^\circ$ Oeste. Latitudes versus Pentadas de 1992 a 2021.

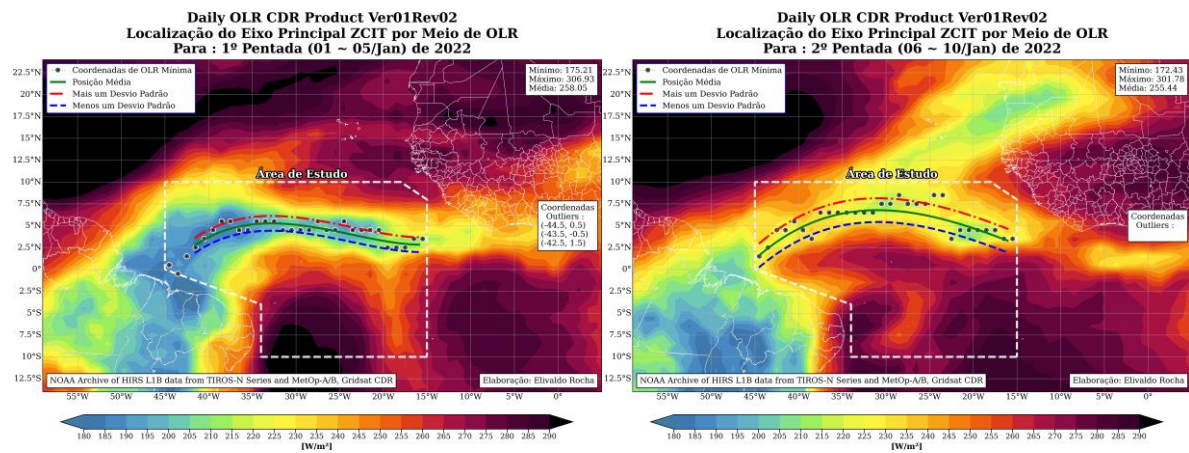


A marcha anual da ZCIT dura cerca de um ano, atingindo sua posição mais ao norte (8° N) durante o verão do Hemisfério Norte, e sua posição mais ao sul (1° N) durante o mês de abril (HASTENRATH; HELLER, 1977). Além dessa oscilação anual, a ZCIT apresenta oscilações com frequências mais altas, com o período variando de semanas a dias.

5.2 Acompanhamento sinótico

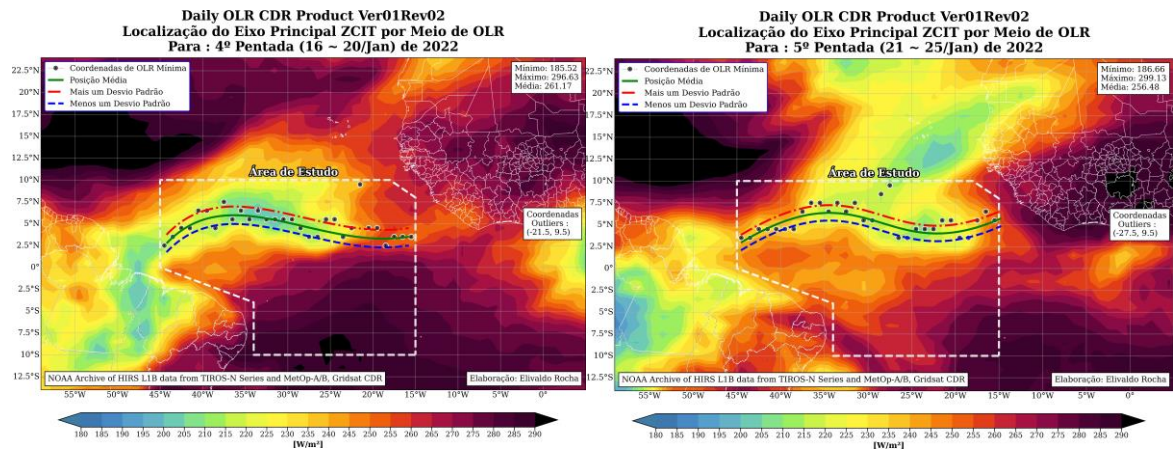
No acompanhamento sinótico por meio das imagens de satélites para 1ª e 2ª pentadas, figura 9, verifica-se a ZCIT atuando de forma embutida e intensa em uma larga banda de nebulosidade por toda área oceânica próximo a costa norte brasileira. Observa-se que a LOCZCIT - IQR classificou três coordenadas como *outliers*, nas quais estão localizadas próximo ao continente (1ª pentada). Na 2ª pentada, a ZCIT encontra-se menos intensa, porém, apresenta maior largura de atuação, o método IQR não identificou coordenadas *outliers*.

Figura 9 - Acompanhamento Sinótico para 1ª e 2ª pentada de 2022 utilizando a LOCZCIT - IQR.



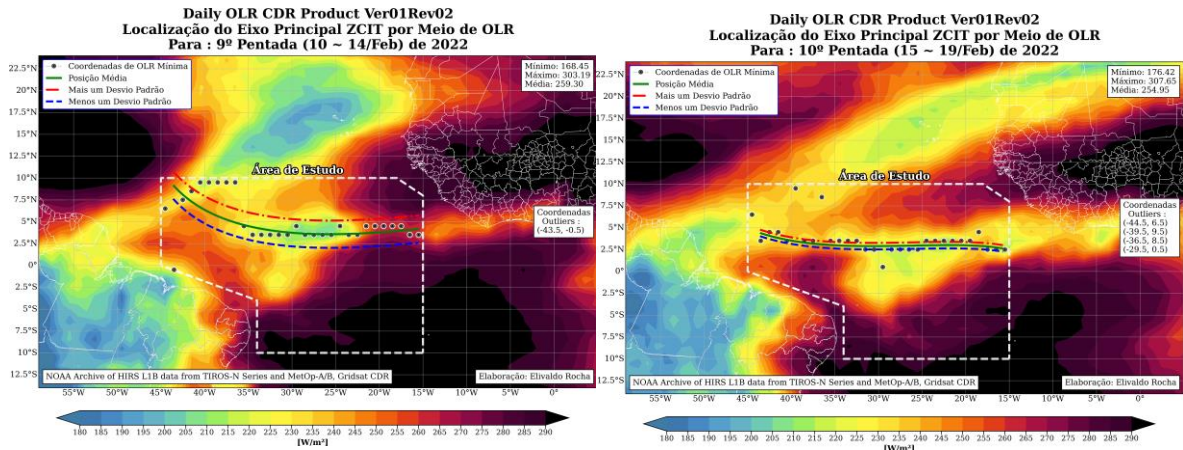
Constata-se para o acompanhamento da 4ª e 5ª pentadas, figura 10, que a LOCZCIT - IQR conseguiu detectar apenas uma coordenada *outlier* em ambas. Porém, para a 5ª pentada pode-se observar que há mais uma coordenada discrepante na qual a constante c da equação do IQR ficou a contento. Contudo, pela matriz de pesos aplicados na Spline, não houve deformação do eixo médio da ZCIT.

Figura 10 - Acompanhamento Sinótico para 4ª e 5ª pentada de 2022 utilizando a LOCZCIT – IQR.



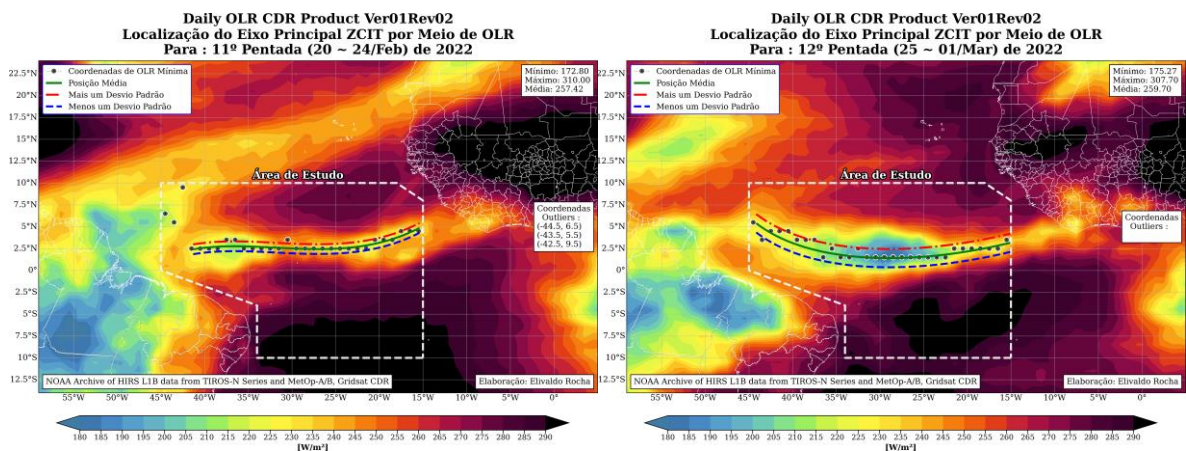
Na análise da 9ª e 10ª pentadas, figura 11, aprecia-se o alto grau de variabilidade espacial em um curto período. Nota-se que quando a ZCIT se apresenta com maior grau de configuração, a LOCZCIT - IQR identifica coordenadas discrepantes com facilidade, para a 10ª pentada há identificação de 4 coordenadas.

Figura 11 - Acompanhamento Sinótico para 9ª e 10ª pentada de 2022 utilizando a LOCZCIT - IQR.



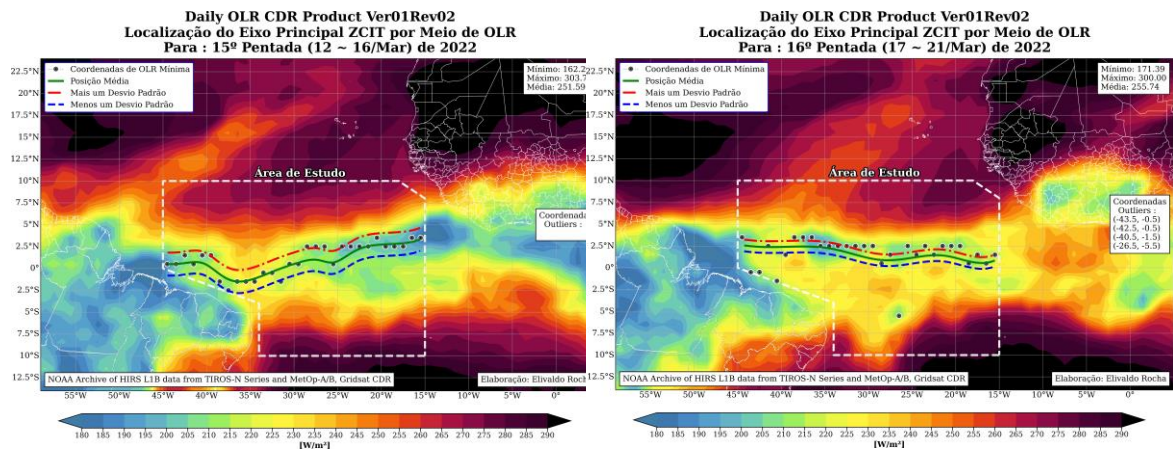
Carvalho e Oyama (2013) constataram que o aumento da largura ocorre sobre águas mais frias e sob maior convergência dos ventos à superfície confirmando estudos anteriores como Waliser e Somerville (1994), Chen, Lin e Bacmeister (2008). Ressaltando que a área de ROL com valores maiores de 290 Wm^{-2} é a área de atuação da ASAS, e que a proximidade dessa colabora para o aumento da largura da ZCIT. Na figura 12, ao verificar a 11ª, observa-se que a área com valores maiores de ROL está mais ao sul e a ZCIT mais estreita, na passagem para 12ª, essa área se aproxima da região equatorial aumentando a largura da ZCIT.

Figura 12 - Acompanhamento Sinótico para 11ª e 12ª pentada de 2022 utilizando a LOCZCIT - IQR.



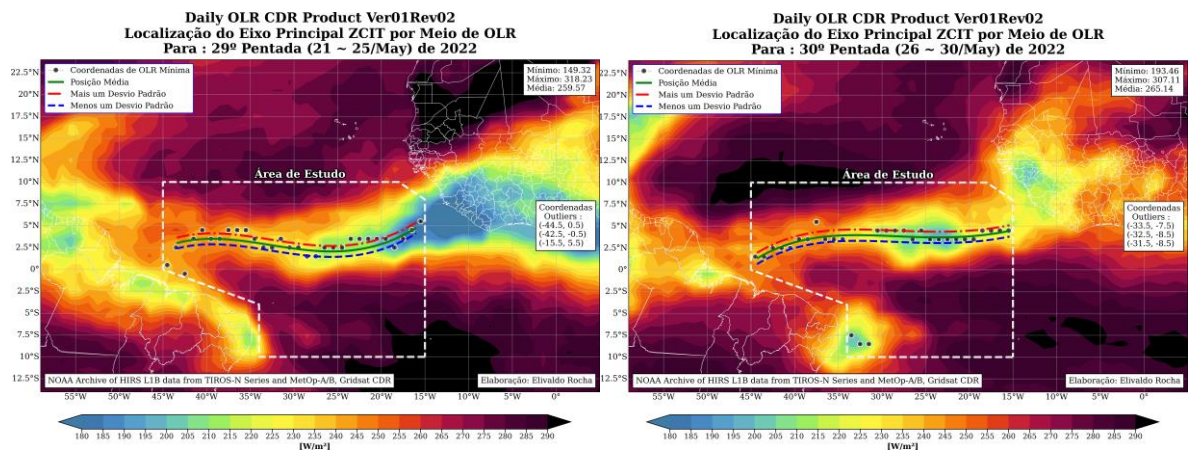
Na figura 13, evidencia-se baixo grau de configuração da ZCIT na 15ª pentada. Tal ocorrência faz com que o IQR não detecte *outliers* devido as latitudes apresentarem alto grau de variabilidade. Desta forma, a Spline procura interpolar o eixo principal, se aproximando, ou até mesmo em alguns casos, passando por todas as coordenadas. Nesta situação, é mais razoável analisar a intensidade e a largura. Para 16ª pentada, observa-se maior grau de configuração do sistema, e a LOCZCIR - IQR passa a identificar *outliers* com facilidade.

Figura 13: Acompanhamento Sinótico para 15ª e 16ª pentada de 2022 utilizando a LOCZCIT - IQR.



Na figura 14, verifica-se atuação de forma intensa em uma grande banda de nebulosidade próximo a costa da África. Observa-se que a LOCZCIT - IQR classificou três coordenadas como *outliers*, as quais estão localizadas próximo aos continentes americano e africano (29ª pentada). Na 30ª pentada há ocorrência de distúrbio ondulatório de leste, porém não houve interferência na interpolação pois o método identificou como coordenadas discrepantes.

Figura 14: Acompanhamento Sinótico da posição média da ZCIT ocorrendo, concomitantemente, com Distúrbio ondulatório de leste no NEB, representado por coordenadas de ROL mínima classificadas como *outliers* no período de 21 a 30 (29ª a 30ª pentadas) de maio de 2022.



6 CONCLUSÃO

Assim como a LOCZCIT de Ferreira et al. (2005), a LOCZCIT - IQR não prognóstica e nem caracteriza a ZCIT de banda dupla. Mesmo que seja raro na escala pentadal, a ocorrência de ZCITs duplas é possível. Nestas circunstâncias, o método sempre irá selecionar coordenadas com maior atividade convectiva, que são representadas por valores de ROL mínima.

Seguindo as orientações de Coelho (2002) e Ferreira et al. (2005), não é recomendado aplicar a LOCZCIT - IQR em dados na escala temporal diária. Sempre procurar aplicar o método na escala pentadal ou mensal, ou outra escala de menor frequência.

A fim de contornar episódios nos quais a ZCIT se apresenta com baixo grau de configuração devido o alto grau de dispersão das coordenadas que representam maior atividade convectiva, pode-se testar outros valores da constante c utilizada no método interquartilico. Neste estudo seguiu-se o recomendado pela literatura o valor 1,5. Todavia é possível eleger outros valores, para esses episódios pode-se testar valores menores que 1,5, por exemplo, 0,75 para determinação dos limites superiores e inferiores.

O maior benefício da LOCZCIT - IQR, é a possibilidade de ser utilizada em uma área de estudo maior no Atlântico equatorial graças a detecção de *outliers*, quando houver. E por atribuições de pesos nas coordenadas validadas de forma objetiva, sendo assim, a interpolação utilizando B-spline torna-se muito eficiente.

O LOCZCIT - IQR pode ser utilizada para funcionar com campos de ROL gerados a partir de modelos numéricos de previsões meteorológicas e climáticas, ofertando aos meteorologistas uma ferramenta complementar de análise objetiva.

REFERÊNCIAS

ADVANCEMENT OF SCIENCE, B. A. for the *et al.* **Final report of the anthropometric committee**: consisting in 1882-3 of Mr. F. Galton (Chairman). Spottiswoode: Company, 1883.

BARTELS, R. H.; BEATTY, J. C.; BARSKY, B. A. Hermite and cubic spline interpolation. *In*: BARTELS, R. H.; BEATTY, J. C.; BARSKY, B. A. **An introduction to splines for use in computer graphics and geometric modelling**. [S.l.: s.n], 1998. cap. 3, p. 9–17.

CARVALHO, M. Â. V. de; OYAMA, M. D. Variabilidade da largura e intensidade da Zona de Convergência Intertropical atlântica: Aspectos observacionais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, p. 305–316, 2013.

CAVALCANTI, I. F. de A. *et al.* (ed.). **Tempo e clima no Brasil**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 36–38.

CHEN, B.; LIN, X.; BACMEISTER, J. T. Frequency distribution of daily ITCZ patterns over the western–central Pacific. **Journal of Climate**, v. 21, n. 17, p. 4207–4222, 2008.

COELHO, M. **Estudo da estrutura vertical horizontal da precipitação e da circulação atmosférica na região da ZCIT**. 2002. 158f. Dissertação (Mestrado) - INPE, São José dos Campos, SP, Brasil, 2002.

ELLINGSON, R. G. *et al.* A technique for estimating outgoing longwave radiation from HIRS radiance observations. **Journal of atmospheric and oceanic technology**, v. 6, n. 4, p. 706–711, 1989.

FERREIRA, N. *et al.* Localiza um procedimento numérico para localização do eixo central da zona de convergência intertropical no atlântico tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 20, n. 2, p. 159–164, 2005.

GADGIL, S.; GURUPRASAD, A. An objective method for the identification of the intertropical convergence zone. **Journal of climate**, v. 3, n. 5, p. 558–567, 1990.

GILLIES, Sean *et al.* **Shapely**: manipulation and analysis of geometric objects, 2007. Disponível em: <https://github.com/Toblerity/Shapely>. Acesso em: Dezembro 2022.

GUEDES, T. A. *et al.* **Estatística descritiva**. [S.l.: s.n], 2005. p. 1–49. (Projeto de ensino aprender fazendo estatística).

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 103, n. 435, p. 77–92, 1977.

HASTENRATH, S.; KUTZBACH, J. Late Pleistocene climate and water budget of the South American Altiplano. **Quaternary Research**, v. 24, n. 3, p. 249–256, 1985.

HOYER, S.; HAMMAN, J. xarray: N-D labeled arrays and datasets in Python. **J. Open Res. Software**, v. 5, n. 1, 2017. (In revision). <http://doi.org/10.5334/jors.148>.

HUNTER, J. D. Matplotlib: A 2D graphics environment. **Computing in Science & Engineering**, v. 9, n. 3, p. 90–95, 2007.

STEFFEN, C. A. **Introdução ao sensoriamento remoto**. São José dos Campos São– SP: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais–INPE. Divisão de Sensoriamento Remoto, 2016. Disponível em: <http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/apostila.htm>. Acesso em: Junho de 2022.

LEE, Hai-Tien. Registro diário de dados climáticos OLR - um desafio para homogeneizar observações operacionais de satélite para aplicações climáticas. *In: THE GENERAL ASSEMBLY, 2014 OF THE EUROPEAN GEOSCIENCES UNION (EGU)*, Vienna, Austria, 2014. **Resumos da Conferência**. Assembleia Geral da EGU, 2014. p. 4288.

MANGHI, Giovani; CAVALLINI, Paolo; NEVES, Vânia. Quantum GIS: Um desktop potente e amigável. **Revista FOSSGIS Brasil**, v. 1, n. 2, p. 10-15, 2011

MELO, A. B. C. de *et al.* A zona de convergência intertropical sobre o Oceano Atlântico: climatologia. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA*, 12., 2002, Foz de Iguaçu-PR. **Anais[...]** Foz de Iguaçu-PR: SBMET, 2002. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/David-Mendes-4/publication/43654037_A_zona_de_convergencia_intertropical_sobre_o_Oceano_Atlantico_climatologia/links/00b7d518509e681a08000000/A-zona-de-convergencia-intertropical-sobre-o-Oceano-Atlantico-climatologia.pdf. Acesso em: Dezembro de 2022.

MET OFFICE. **Cartopy**: a cartographic python library with a Matplotlib interface. [S.l.: s.n.], 2010-2015.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the atmospheric sciences**, v. 38, n. 12, p. 2653–2675, 1981.

NOAA'S, High-Flying. **Meteorological platform**. [S.l.]: NOAA. 1980.

OLIVEIRA, C. D. *et al.* Detecção de Fraudes, Anomalias e Erros em Análise de Dados Contábeis: um estudo com base em outliers. **Revista Eletrônica do Departamento de Ciências Contábeis & Departamento de Atuária e Métodos Quantitativos (REDECA)**, v. 1, n. 1, p. 102–127, 2014.

PIMENTEL, F.; FERREIRA, C. Técnicas para localização da ZCIT. **Monitor Climático**, v. 6, n. 66, p. 1–6, 1992.

SCHOENBERG, I. J. **Cardinal spline interpolation**. [S.l.] SIAM, 1973.

UVO, C. R. B. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da Região Norte do Nordeste Brasileiro**. [S.l.] INPE, 1989.

UVO, C. R. B.; NOBRE, Carlos A. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da região Norte do Nordeste Brasileiro. **Clímanálise**, INPE, v.4, n.10, 1989. Disponível em: <http://marte3.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1905/2005/07.27.09.06/doc/6033.pdf>. Acesso em: Dezembro 2022.

VAN ROSSUM, G.; DRAKE, F. L. **Python 3 Reference Manual**. Scotts Valley, CA: CreateSpace, 2009.

VIRTANEN, P. *et al.* SciPy 1.0: Fundamental Algorithms for Scientific Computing in Python. **Nature Methods**, v. 17, p. 261–272, 2020.

WALISER, D. E.; SOMERVILLE, R. C. Preferred latitudes of the intertropical convergence zone. **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 51, n. 12, p. 1619–1639, 1994.

XIE, S.-P.; PHILANDER, S. G. H. A coupled ocean-atmosphere model of relevance to the ITCZ in the eastern Pacific. **Tellus A**, v. 46, n. 4, p. 340–350, 1994.

APÊNDICE A - Lista de Pentadas - Agrupamento de 5 dias

Tabela 1: Lista de Pentadas - Agrupamento de 5 dias

Pentada	Dia Juliano	Data	Pentada	Dia Juliano	Data
1	1 a 5	1/jan a 5/jan	38	186 a 190	5/jul a 9/jul
2	6 a 10	6/jan a 10/jan	39	191 a 195	10/jul a 14/jul
3	11 a 15	11/jan a 15/jan	40	196 a 200	15/jul a 19/jul
4	16 a 20	16/jan a 20/jan	41	201 a 205	20/jul a 24/jul
5	21 a 25	21/jan a 25/jan	42	206 a 210	25/jul a 29/jul
6	26 a 30	26/jan a 30/jan	43	211 a 215	30/jul a 3/ago
7	31 a 35	31/jan a 4/fev	44	216 a 220	4/ago a 8/ago
8	36 a 40	5/fev a 9/fev	45	221 a 225	9/ago a 13/ago
9	41 a 45	10/fev a 14/fev	46	226 a 230	14/ago a 18/ago
10	46 a 50	15/fev a 19/fev	47	231 a 235	19/ago a 23/ago
11	51 a 55	20/fev a 24/fev	48	236 a 240	24/ago a 28/ago
12	56 a 60	25/fev a 1/mar	49	241 a 245	29/ago a 2/set
13	61 a 65	2/mar a 6/mar	50	246 a 250	3/set a 7/set
14	66 a 70	7/mar a 11/mar	51	251 a 255	8/set a 12/set
15	71 a 75	12/mar a 16/mar	52	256 a 260	13/set a 17/set
16	76 a 80	17/mar a 21/mar	53	261 a 265	18/set a 22/set
17	81 a 85	22/mar a 26/mar	54	266 a 270	23/set a 27/set
18	86 a 90	27/mar a 31/mar	55	271 a 275	28/set a 2/out
19	91 a 95	1/abr a 5/abr	56	276 a 280	3/out a 7/out
20	96 a 100	6/abr a 10/abr	57	281 a 285	8/out a 12/out
21	101 a 105	11 /abr a 15/abr	58	286 a 290	13/out a 17/out
22	106 a 110	16/abr a 20/abr	59	291 a 295	18/out a 22/out
23	111 a 115	21/abr a 25/abr	60	296 a 300	23/out a 27/out
24	116 a 120	26/abr a 30/abr	61	301 a 305	28/out a 1/nov
25	121 a 125	1 /mai a 5/mai	62	306 a 310	2/nov a 6/nov
26	126 a 130	6/mai a 10/mai	63	311 a 315	7/nov a 11/nov
27	131 a 135	11/mai a 15/mai	64	316 a 320	12/nov a 16/nov
28	136 a 140	16/mai a 20/mai	65	321 a 325	17/nov a 21/nov
29	141 a 145	21/mai a 25/mai	66	326 a 330	22/nov a 26/nov
30	146 a 150	26/mai a 30/mai	67	331 a 335	27/nov a 1/dez
31	151 a 155	31/mai a 4/mai	68	336 a 340	2/dez a 6/dez
32	156 a 160	5/mai a 9/mai	69	341 a 345	7/dez a 11/dez
33	161 a 165	10 /jun a 14/jun	70	346 a 350	12/dez a 16/dez
34	166 a 170	15/jun a 19/jun	71	351 a 355	17/dez a 21/dez
35	171 a 175	20/jun a 24/jun	72	356 a 360	22/dez a 26/dez
36	176 a 180	25/jun a 29/jun	73	361 a 365	27/dez a 31/dez
37	181 a 185	30/jun a 7/jul			