GOVERNO DO ESTADO
RIO GRANDE DO SUL
SECRETARIA DE INOVAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática

Parecer nº 08

RESPOSTA À CONSULTA AO COMITÊ CIENTÍFICO DE ADAPTAÇÃO E RESILIÊNCIA CLIMÁTICA REFERENTE AO EDITAL PE 9149/2025 – RADARES METEOROLÓGICOS BANDA "S"

(PROA 25/0400-0000480-0)

PLANO RIO GRANDE
Todos nós por todos nós.

20 de maio de 2025

Coordenação:

Professora Dra. Simone Stülp

Secretária Estadual de Inovação, Ciência e Tecnologia

Vice-Coordenação:

Professor Dr. Jorge Audy

Secretaria Executiva:

Professor Dr. Joel Avruch Goldenfum

Assessoria Técnica:

Professora Dra. Alexandra Passuello
Eliana Dienstmann

Pareceristas responsáveis:

I. Membros fixo do Comitê Científico:

Prof. Dr. Marcelo Felix Alonso
Prof. Dr. Vagner Anabor

II. Especialista *ad hoc*

Prof. Dr. Ernani de Lima Nascimento
Prof. Dr. Leonardo Calvetti

1. Introdução

Em 29 de abril de 2025, a Secretaria da Reconstrução Gaúcha encaminhou ao Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática a Informação SPE/SERG referente ao processo PROA nº 25/0400-0000480-0, solicitando manifestação sobre a impugnação apresentada ao Edital de Pregão Eletrônico nº 9149/2025, cujo objeto é a contratação de serviços de monitoramento meteorológico e geológico, com fornecimento de três radares meteorológicos de Banda "S".

Considerando a complexidade e a especialidade da matéria, a Secretaria Executiva do Comitê Científico constituiu grupo de trabalho com quatro meteorologistas, sendo dois membros fixos do Comitê e dois especialistas ad hoc: Prof. Dr. Marcelo Félix Alonso, Prof. Dr. Vagner Anabor, Prof. Dr. Leonardo Calvetti e Prof. Dr. Ernani de Lima Nascimento.

O grupo recebeu como subsídio o Termo de Referência do edital, a impugnação protocolada e o parecer técnico da Casa Militar. O objetivo central da análise foi verificar a pertinência das especificações técnicas do Termo de Referência, à luz dos argumentos da ABIMDE, avaliando se seriam adequadas ou se demandariam ajustes. O parecer coletivo foi entregue em 20 de maio de 2025.

2. Principais aspectos do parecer

Os pareceristas ressaltaram, inicialmente, a relevância estratégica dos radares meteorológicos de Banda "S" para o monitoramento de eventos hidrometeorológicos extremos, especialmente considerando os desastres recentes que impactaram o Estado do Rio Grande do Sul.

No tocante às especificações técnicas, foram identificados pontos de inconsistência ou que demandam maior detalhamento, envolvendo parâmetros como frequência de operação, potência, polarimetria, calibração, ruído e aspectos de manutenção. O grupo destacou que tais ajustes são essenciais para assegurar a qualidade dos dados coletados.

Outro aspecto enfatizado foi a sustentabilidade operacional: os pareceristas advertiram que falhas de especificação podem comprometer a confiabilidade do sistema, gerar prejuízos financeiros e afetar a capacidade de resposta do Estado.

Por fim, destacaram-se as diretrizes internacionais, em especial as recomendações da Organização Meteorológica Mundial (OMM), adaptadas às necessidades específicas do Rio Grande do Sul, como fundamento técnico das propostas de aprimoramento apresentadas.

3. Conclusões

A Secretaria Executiva do Comitê Científico entende que as recomendações fornecidas pelos pareceristas são indispensáveis para garantir a robustez técnica, a sustentabilidade operacional e a confiabilidade do sistema de monitoramento meteorológico estadual.

Recomenda-se fortemente que as orientações apresentadas no parecer sejam consideradas no processo de contratação, de modo a assegurar a qualidade e a efetividade do investimento público.

Salienta-se, por fim, a importância da leitura integral do parecer técnico em anexo, no qual se encontram os fundamentos completos e as recomendações detalhadas apresentadas pelo grupo de especialistas.

Universidade Federal de Santa Maria
Programas de Graduação e Pós-Graduação
em Meteorologia
Avenida Roraima, 1000
Santa Maria/RS, Brasil - CEP. 97105-900

Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Meteorologia
Campus Capão do Leão S/N, prédio 110
Capão do Leão/RS, Brasil – CEP. 96160-000.

PARECER TÉCNICO SOBRE O TERMO DE REFERÊNCIA REDE DE RADARES DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL PROCESSO ADMINISTRATIVO Nº 250804-0000064-9

Comitê científico *ad hoc* constituído por

- Prof. Dr. Marcelo Félix Alonso[1]
- Prof. Dr. Vagner Anabor[2]
- Prof. Dr. Leonardo Calvetti[1]
- Prof. Dr. Ernani de Lima Nascimento[2]

[1] Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas-RS.

[2] Departamento de Física, Grupo de Modelagem Atmosférica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS.

Partes interessadas:

Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul.

Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática do Estado do Rio Grande do Sul.

Natureza do documento:

Este Parecer responde a uma solicitação feita pela Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul e do Comitê Científico de Adaptação e Resiliência Climática do Estado do Rio Grande do Sul para uma apreciação técnica do Termo de Referência (TR) pertencente ao Edital de Pregão Eletrônico nº 9149/2025, Processo Administrativo Nº 25/0804-0000064-9, concernente à aquisição de três radares meteorológicos.

1. Introdução.

O radar meteorológico é um instrumento-chave para o monitoramento contínuo e em tempo real de padrões de nebulosidade e de sistemas precipitantes em escala regional, incluindo-se tempestades convectivas capazes de promover chuvas intensas e persistentes, rajadas de vento com potencial destrutivo, granizos de grande diâmetro e tornados, fenômenos estes recorrentes no estado do Rio Grande do Sul. Aos olhos de um profissional devidamente treinado, as imagens dos radares meteorológicos disponibilizam informações detalhadas da estrutura interna dos sistemas precipitantes que são indispensáveis para a caracterização acurada não só da severidade destes sistemas, como também dos tipos de fenômenos extremos mais prováveis a serem deflagrados por estes sistemas. A maioria das informações detalhadas acerca da estrutura interna dos sistemas precipitantes não é disponibilizada por outras plataformas de sensoriamento remoto, como os satélites meteorológicos, por exemplo. Assim sendo, os radares meteorológicos representam uma importante componente de qualquer sistema de monitoramento atmosférico regional que tenha por objetivo alimentar previsores em uma sala de situação com observações atmosféricas com frequente atualização (a cada 10 min ou menos) visando a realização da previsão imediata (i.e., previsão do tempo até o máximo de 3 h adiante) e a emissão de alertas meteorológicos quando da identificação de fenômenos de tempo severo.

Documento PROA Assinado

Universidade Federal de Santa Maria
Programas de Graduação e Pós-Graduação
em Meteorologia
Avenida Roraima, 1000
Santa Maria/RS, Brasil - CEP. 97105-900

Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Meteorologia
Campus Capão do Leão S/N, prédio 110
Capão do Leão/RS, Brasil – CEP. 96160-000.

Por se tratarem de equipamentos extremamente dispendiosos para aquisição, instalação e manutenção, é crucial que qualquer processo de compra de radares meteorológicos seja acompanhado de garantias técnicas acerca da qualidade dos dados a serem disponibilizados para o atingimento do objetivo desejado no curto, médio e (crucialmente) longo prazos. É importante ressaltar que ações corretivas de falhas decorrentes de uma má especificação e/ou implementação de radares meteorológicos promovem prejuízos de grande montante financeiro, às vezes inviabilizando a continuação do sistema de monitoramento por radar, acarretando em impactos sócio-econômicos altamente indesejáveis. Neste sentido, há um órgão internacional que é responsável por determinar diretrizes para a especificação técnica de redes de radares meteorológicos: a Organização Meteorológica Mundial (OMM). O presente parecer parte de diretrizes técnicas da OMM e, levando em consideração a realidade e os anseios da sociedade do estado do Rio Grande do Sul, versa sobre informações e recomendações técnicas acerca de radares meteorológicos que o comitê julga serem necessários constar no TR do Edital de Pregão Eletrônico nº 9149/2025 visando a garantia, a longo prazo, de bom desempenho do sistema e alta qualidade dos dados a serem gerados por estas plataformas observacionais para fins de aplicação em Defesa Civil e áreas afins.

2. Aspectos técnicos dos radares meteorológicos a serem adquiridos.

Abaixo seguem aspectos técnicos específicos que recomendamos fortemente que sejam considerados durante a revisão do TR do Edital de Pregão Eletrônico nº 9149/2025.

2.1. Da frequência de operação dos radares meteorológicos: a banda S.

O TR especifica a frequência eletromagnética de operação dos radares como sendo a banda S, cuja operação meteorológica típica é centrada em 2,8 GHz, equivalente a um comprimento de onda de aproximadamente 10,7 cm. **Esta banda de operação é a mais adequada para o monitoramento de sistemas atmosféricos capazes de gerar altas taxas de precipitação** como Sistemas Convectivos de Mesoescala, tempestades convectivas locais e sistemas frontais/ ciclones extratropicais, todos frequentemente observados sobre o estado do Rio Grande do Sul. Além de ser a banda de frequência menos suscetível aos efeitos deletérios de atenuação do feixe eletromagnético pelos hidrometeoros que compõem estes sistemas precipitantes (gotas de chuva, flocos de neve, pedras de granizo, etc...), também é a banda que tem a condição de operação menos restritiva no que diz respeito ao dilema Doppler, admitindo o alcance máximo não ambíguo e a velocidade radial máxima não ambígua simultaneamente mais altos. Além disso, em comparação com as bandas de frequência mais alta (p.ex., bandas X e C), a banda S admite o monitoramento dos maiores hidrometeoros antes que o regime de espalhamento da radiação eletromagnética viole uma das condições teóricas consideradas na dedução da chamada "equação do radar", que é uma expressão-chave relacionando a potência do sinal retornado pelos alvos meteorológicos à antena do radar e a estatística das dimensões destes alvos presentes dentro do volume do pulso eletromagnético

Documento PROA Assinado

Universidade Federal de Santa Maria
Programas de Graduação e Pós-Graduação
em Meteorologia
Avenida Roraima, 1000
Santa Maria/RS, Brasil - CEP. 97105-900

Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Meteorologia
Campus Capão do Leão S/N, prédio 110
Capão do Leão/RS, Brasil – CEP. 96160-000.

emitido. Este é um ponto relevante dada a alta frequência de tempestades que produzem granizo no estado do Rio Grande do Sul.

2.2. Da resolução angular (abertura) e radial do feixe eletromagnético.

O TR não faz menção ao ângulo de abertura desejado para o feixe eletromagnético emitido pelo radar, que é definido como a faixa angular dentro da qual a densidade de potência do feixe emitido pela antena é igual ou maior que a metade do valor máximo da densidade de potência do feixe emitido; ou, equivalentemente, é a faixa angular dentro da qual o ganho da antena do radar mantém-se menos de 3 dB abaixo do seu ganho máximo. Esta informação é extremamente relevante pois determina a resolução angular do feixe do radar. Radares meteorológicos com feixes com abertura muito grande (por exemplo, 2°) não disponibilizam imagens com resolução angular adequada para a detecção de determinadas estruturas internas de tempestades convectivas que são cruciais para caracterizar a severidade do fenômeno, como por exemplo mesociclones. Isto é particularmente verdade em situações em que o fenômeno atmosférico encontra-se a distâncias maiores em relação ao radar (tipicamente, maior que 100 km do radar). Muitos radares meteorológicos banda S operacionais no Brasil operam com 1° de abertura do feixe, incluindo-se, por exemplo, o do SIMEPAR instalado na cidade de Cascavel-PR e o da Defesa Civil do Estado de Santa Catarina instalado na cidade de Chapecó-SC, que comprovadamente já mostraram-se apropriados para a detecção de assinaturas de tempo severo em tempestades convectivas. Assim, **para as aplicações desejadas pela Defesa Civil do Estado do Rio Grande do Sul, é crucial garantir que a abertura do feixe eletromagnético seja de no máximo 1° no azimute e na elevação**.

É importante aqui ressaltar que para se obter o 1° de abertura de feixe em radares que operam na banda S é necessário um refletor da antena parabólica bem maior do que dos radares bandas C e X, sendo seu diâmetro de aproximadamente 8 metros. Este é um refletor grande e pesado e que, portanto, requer motores potentes e servo-mecanismos robustos para os controladores de azimute e de elevação da antena e uma plataforma de sustentação bastante robusta para suportar o peso do sistema. Todos estes aspectos devem ser adicionalmente observados na especificação da plataforma de sustentação do radar e na supervisão da sua instalação.

Além da resolução angular, existe a questão da resolução radial do feixe eletromagnético, igualmente importante para a detecção de assinaturas de tempo severo em tempestades convectivas. Recomendamos que o TR indique uma requisição de **resolução radial** para o volume iluminado de **pelo menos** 125 m (ou seja, pulso com comprimento radial máximo de 250 m).

O sistema deve também admitir uma amplitude de 0,2 a 100,0 μs [microssegundos (1×10^{-6} s)] para a duração do pulso eletromagnético no caso de radares com transmissores de estado sólido, ou de 0,5 a 3,3 μs no caso de radares com transmissores Klystron.

Documento PROA Assinado

Universidade Federal de Santa Maria
Programas de Graduação e Pós-Graduação
em Meteorologia
Avenida Roraima, 1000
Santa Maria/RS, Brasil - CEP. 97105-900

Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Meteorologia
Campus Capão do Leão S/N, prédio 110
Capão do Leão/RS, Brasil – CEP. 96160-000.

2.3. Da tecnologia de transmissores.

O item 7.1.3 do TR indica que o transmissor do radar deverá ser tipo "ampliador em Estado Sólido". Uma primeira recomendação é a de substituir a palavra "ampliador" por "**amplificador**". Uma segunda recomendação, particularmente relevante em se tratando de radares banda S, é que o TR não limite a tecnologia do transmissor à opção de estado sólido. Esta tecnologia ainda não está amplamente consolidada na meteorologia operacional **em se tratando da banda S**, ainda que sua aplicação meteorológica nesta faixa de frequência possa ser considerada promissora pelos desenvolvedores desta tecnologia com o emprego das técnicas de compressão de pulso. O fato é que o **histórico operacional de radares meteorológicos banda S com transmissores de estado sólido ainda é curto**, de modo que a avaliação da qualidade dos dados por parte de usuários ainda requer uma maior consolidação. Assim sendo, é recomendação deste parecer técnico que no TR também sejam admitidas propostas de radares meteorológicos com transmissores do tipo Klystron.

Contudo é necessário observar o princípio da economicidade para a instalação e manutenção futura para cada uma das tecnologias.

2.3.1 - *Blind range* ("alcance cego")

Recomendamos que o TR especifique que **seja obrigatória a apresentação de soluções para o problema do "*blind range*"**.

Como radares com transmissores estado sólido utilizam-se de técnicas de compressão de pulso para compensar sua potência de emissão mais baixa em comparação com os radares com transmissores tipo Magnetron e Klystron, há a acentuação de um problema denominado de "*blind range*" ("alcance cego"), que é a distância, próxima à antena, em que o radar é incapaz de detectar alvos devido ao comprimento/duração do pulso eletromagnético empregado. Radares com transmissores de tecnologia de estado sólido requerem pulsos mais longos, de modo que o alcance cego é ampliado.

2.4. Da sensibilidade do receptor do radar meteorológico (MDS).

Para que um alvo seja detectado pelo radar, a potência retornada pelo alvo deve apresentar uma potência mais alta do que o chamado "ruído" do radar. Ruído é qualquer perturbação eletromagnética espúria (i.e., indesejada para efeito de detecção dos alvos meteorológicos de interesse) afetando o canal do receptor do radar, podendo ter origem externa ou interna ao radar. O TR não faz uma referência quantitativa explícita à potência mínima detectável pelo sistema receptor do radar. Ainda que o TR estabeleça que *"os radares meteorológicos a serem instalados para a prestação de serviço objeto do presente termo de referência deverão estar aptos para monitorar e estudar com precisão as condições atmosféricas, bem como deverão oferecer informações detalhadas sobre a composição das partículas na atmosfera, seu movimento e velocidades, dentre*

Assinado PROA

Universidade Federal de Santa Maria
Programas de Graduação e Pós-Graduação
em Meteorologia
Avenida Roraima, 1000
Santa Maria/RS, Brasil - CEP. 97105-900

Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Meteorologia
Campus Capão do Leão S/N, prédio 110
Capão do Leão/RS, Brasil – CEP. 96160-000.

outras informações", para se garantir que estes objetivos sejam contemplados este parecer técnico recomenda que haja critérios quantitativos objetivos a serem satisfeitos no que diz respeito à sensibilidade do receptor do radar frente ao ruído de fundo. Primeiro, **o sistema receptor dos radares deve disponibilizar um mínimo sinal detectável (MDS) de -110 dBm, e o equivalente a um mínimo valor detectável de 12 dBZ para o fator de refletividade considerando um alvo meteorológico localizado a 240 km de distância do radar.**

Um segundo item, também relacionado à sensibilidade do receptor, que recomendamos ser adicionado ao TR é a faixa (ou amplitude) dinâmica do receptor que deve ser maior que 105 dB, e com a curva de resposta do receptor sendo linear em toda a faixa dinâmica. Outra recomendação é quanto à acurácia das medições das variáveis não polarimétricas e polarimétricas: **acurácia melhor que 0,5 dBZ para o fator de refletividade, melhor que 1 m/s para a velocidade radial, melhor que 1 m/s para a largura espectral, melhor que 0,25 dB para o fator de refletividade diferencial (Z_{DR}), melhor que 1° para a mudança de fase diferencial (ϕ_{DP}) e melhor que 0,01 para o coeficiente de correlação copolar (ρ_{hv}). Deve-se garantir a calibração da variável Z_{DR} de modo a esta apresentar viés zero no monitoramento de chuvisco ou no apontamento vertical da antena.**

2.5. Da localização dos sítios de instalação dos radares.

O TR, em seu item 6.1, indica três regiões previstas para sitiar a instalação dos radares meteorológicos: Região Oeste, Região Serra e Região Sul. Para cada região é informado um "ponto de origem" representativo. Para a Região Serra este ponto é indicado como sendo no Município de Soledade com as coordenadas geográficas sendo informadas como 27° 51' 03" S [ou 27,851° S] e 53° 46' 37" O [ou 53,777° O]. Contudo, estas coordenadas não correspondem a um ponto no Município de Soledade mas sim do Município de Santo Augusto, na Região Norte do estado. Não fica claro se o equívoco está na informação das coordenadas geográficas que na verdade deveriam ser de um ponto da Região Serra (Soledade), ou se as coordenadas estão corretas e a informação equivocada é a de que se trata da Região Serra quando na verdade deseja-se indicar a instalação de um dos radares Região Norte do estado. Nesse contexto, o TR deve condicionar a rede a um estudo mais aprofundado de localização após a contratação da proposta.

2.6. Da antena do radar meteorológico.

No que concerne ao sistema de antena do radar, o item 7.1.7. do TR informa que "*Deverá possuir uma antena parabólica altamente direcional que emite e recebe os sinais com precisão. A antena deve ser móvel de modo a ser girada para varrer diferentes direções e altitudes."* Nossa primeira recomendação é que a segunda frase seja substituída pela informação de que o sistema mecânico de movimentação da antena permita a realização de varreduras volumétricas, com rotação contínua em 360° de azimute e com movimento simultâneo em elevação dentro de uma faixa angular de -2° a 90°. A taxa de rotação da antena deve ser ajustável remotamente dentro da faixa de 0,5°/s até 25,0°/s em azimute, e entre 0,5°/s até 20,0°/s em elevação. A precisão do posicionamento da antena deve

Documento PROA Assinado

Universidade Federal de Santa Maria
Programas de Graduação e Pós-Graduação
em Meteorologia
Avenida Roraima, 1000
Santa Maria/RS, Brasil - CEP. 97105-900

Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Meteorologia
Campus Capão do Leão S/N, prédio 110
Capão do Leão/RS, Brasil – CEP. 96160-000.

ser de ± 0,1° ou melhor para os eixos de azimute e elevação. O ganho da antena deve ser de pelo menos 40 dB, e com os lóbulos laterais ficando 25 dB ou mais abaixo do ganho do lóbulo principal.

2.7. Da radome do radar meteorológico.

A radome é um invólucro estrutural que tem por objetivo proteger o refletor parabólico e o sistema alimentador da antena do intemperismo ambiental (particularmente, precipitação, ventos intensos e material transportado pelos ventos) e garantir que a antena efetue sua rotação azimutal e mudança de elevação da maneira mais suave possível mesmo em condições de ventos intensos. Ao mesmo tempo, a radome deve produzir o menor ruído/atenuação possível sobre o sinais eletromagnéticos transmitidos e recebidos pelo radar e não alterar a trajetória destes feixes eletromagnéticos. A TR não faz menção explícita à radome, de modo que este parecer técnico recomenda fortemente a inclusão de requerimentos sobre esta estrutura de engenharia. A radome deve ser construída com materiais de fibra de vidro, com estrutura sanduíche ou similar (p.ex., favos), com perdas menores que -0,2 dB. O material de construção da radome deve ser hidrofóbico para não permitir a acumulação nem absorção de água em sua superfície, pois este efeito pode afetar substancialmente a qualidade do sinal transmitido através do radome por meio de atenuação, além de poder gerar acúmulo de gelo em situações atmosféricas favoráveis a geadas ou a chuva congelante. A capacidade hidrofóbica da superfície da radome também deverá ser alvo das ações de manutenção preventiva e corretiva dos radares. **É importante que todas as análises e avaliações de desempenho dos radares no que concerne à capacidade de detecção dos alvos meteorológicos sejam realizadas com a radome instalada, podendo estes fatores serem critérios para cancelamento do contrato.**

A radome deverá ser capaz de resistir a ventos sustentados (i.e., contínuos) de até 120 km/h e rajadas 3 s de até 180 km/h, e à ocorrência de precipitação de granizo. É recomendado que o radome tenha controle de ventilação e umidade para evitar acúmulo de água.

2.8. Das frequências de repetição de pulso.

Sobre as frequências de repetição de pulso (ou PRFs, do inglês "pulse repetition frequency") dos radares, o TR menciona no seu item 7.1.4. que *"O radar deverá ser dotado de mecanismo de transmissão alternada entre intervalos de emissão e períodos de escuta, sendo que o número de pulsos transmitidos em determinado espaço de tempo e o período silencioso deverá proporcionar uma visão contínua das condições meteorológicas do momento"*. É desejável que o TR seja mais específico quanto às amplitudes de variação das PRFs que precisam ser contempladas para os radares. Este parecer técnico recomenda fortemente que o TR indique que as PRFs sejam selecionáveis dentro da faixa entre 250 Hz e 2500 Hz.

Documento PROA Assinado

Universidade Federal de Santa Maria
Programas de Graduação e Pós-Graduação
em Meteorologia
Avenida Roraima, 1000
Santa Maria/RS, Brasil - CEP. 97105-900

Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Meteorologia
Campus Capão do Leão S/N, prédio 110
Capão do Leão/RS, Brasil – CEP. 96160-000.

Existe uma outra questão importante acerca de PRFs para o qual recomendamos muita atenção e que diz respeito ao emprego da técnica de PRFs alternadas [ou, equivalentemente, períodos de repetição de pulso (PRTs) alternados, onde o PRT é o inverso da PRF] para lidar com o chamado dilema Doppler. O dilema Doppler surge do fato de que o alcance máximo não-ambíguo (r_{max}) e a velocidade radial máxima não-ambígua (V_{max}) do radar não podem ser aumentadas simultaneamente pela mudança da PRF. Em resumo: uma redução da PRF implica em um aumento desejável de r_{max} mas com uma redução indesejável da V_{max}, enquanto que um aumento da PRF implica em um aumento desejável da V_{max} mas com uma redução indesejável em r_{max}. Uma maneira de se contornar este dilema, muito empregada em radares brasileiros, é pela aplicação da técnica de PRFs alternadas (*staggered* PRFs), onde trens de pulso de radiação eletromagnética são emitidos pelo radar alternando-se entre duas PRFs distintas. A escolha das duas PRFs caracteriza uma proporção entre elas (PRF2:PRF1, com PRF1 > PRF2), que geralmente varia entre as opções de 2:3, 3:4 e 4:5. O resultado prático da aplicação desta técnica é um aumento simultâneo em r_{max} e em V_{max}. A opção de proporção 4:5 (por exemplo, PRF1 = 600 Hz e PRF2 = 480 Hz) é a que produz o maior aumento simultâneo em r_{max} e em V_{max}. Contudo, isto é obtido ao custo da redução substancial da qualidade do campo de velocidade radial Doppler em situações de monitoramento de tempestades convectivas, a qual se torna extremamente ruidosa nos setores de tempestades devido ao surgimento dos chamados "erros catastróficos" para esta variável. A opção mais recomendável neste caso é a proporção 2:3 entre as duas PRFs (por exemplo, PRF1 = 621 Hz e PRF2 = 414 Hz) pois, apesar do aumento simultâneo em r_{max} e em V_{max} ser menor comparado com as proporções 3:4 ou 4:5, o campo de velocidade radial Doppler se torna muito menos ruidoso nos setores com tempestades convectivas. Como as tempestades estão entre os principais fenômenos a serem monitorados no estado do Rio Grande do Sul e uma velocidade radial Doppler de boa qualidade é **indispensável** para se detectar padrões que caracterizam a severidade destas tempestades (por exemplo, mesociclones), recomenda-se fortemente a proporção 2:3. Esta informação das PRFs alternadas não precisa necessariamente constar no TR, mas **durante a fase de seleção de PRFs a serem empregadas nos radares é crucial que a recomendação explicitada acima seja levada em consideração**.

2.9. Das estratégias de varredura.

Recomendamos que a contratada deve realizar e documentar publicamente um estudo de estratégias de varredura que se adeque à rede proposta, incluindo monitoramento das assinaturas de tempestades, estimativa de chuva e aplicações de *nowcasting*, com o devido responsável técnico.

Documento PROA Assinado

Universidade Federal de Santa Maria
Programas de Graduação e Pós-Graduação
em Meteorologia
Avenida Roraima, 1000
Santa Maria/RS, Brasil - CEP. 97105-900

Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Meteorologia
Campus Capão do Leão S/N, prédio 110
Capão do Leão/RS, Brasil – CEP. 96160-000.

2.10. Das aplicações para monitoramento de tempestades severas.

O estado do Rio Grande do Sul é frequentemente atingido por tempestades capazes de gerar fenômenos de tempo severo como chuvas intensas, granizos grandes, ventos destrutivos e tornados. Radares meteorológicos, quando adequadamente especificados, conseguem identificar padrões na estrutura interna das nuvens de tempestades que indicam a ocorrência iminente (ou confirmada) destes fenômenos, permitindo a emissão de alertas mais específicos para a população em modo de previsão imediata ou *nowcasting*. Este parecer técnico recomenda que o TR indique que os radares banda S sendo adquiridos e especificados produzam dados polarimétricos e não-polarimétricos de qualidade suficiente para a identificação em tempo real de assinaturas de tempo severo como: jatos de influxo de retaguarda, dipolos de velocidade em mesociclones e meso-anticiclones, padrões de divergência associados a microexplosões (*microbursts*), ecos tipo gancho (*hook echos*), ecos de arco (*bow echos*), região delimitada de eco fraco (*bounded weak echo region*), arcos e colunas de Z_{DR}, colunas e pés de K_{DP}, assinatura tornádica de destroços (TDS; *tornado debris signature*), anéis de Z_{DR} e anéis de ρ_{hv}. Produtos de pós-processamento como *echo tops* e conteúdo de água líquida integrado verticalmente com boa qualidade também devem ser gerados a partir dos dados disponibilizados pelos radares.

2.11. Do pós-processamento e remoção de *ground clutter*.

Recomenda-se que o equipamento contratado tenha filtragem para supressão de clutter (ruído) maior que 40dB, e ruídos no dado bruto utilizando soluções de filtragem tradicionais com "*infinite impulse response*" e transformadas de Fourier. Os dados brutos devem ser armazenados sem processamento de IA.

2.12. Da disponibilização dos dados brutos.

Importante garantir a distribuição dos dados brutos. Denomina-se dados brutos aqueles constituídos como nível 2, ou seja, já processados pelo software do radar, com eliminação dos ruídos (clutter) e atenuação, e algum grau de processamento com dados em suas variáveis derivadas, em coordenadas polares, em formato netcdf ou hdf. Como exemplo, os dados devem conter as variáveis fator de refletividade corrigida e não corrigida (Z e UZ) nas duas polarizações (Z_H e Z_V), velocidade radial corrigida e não corrigida (V_r) já com o sistema aplicado de dupla polarização ou *staggered*, largura espectral (W), mudança de fase diferencial (ϕ_{DP}), diferença de fase específica (K_{DP}), refletividade diferencial (Z_{DR}), coeficiente de correlação cross-polar (ρ_{hv}) e classificação de hidrometeoros (HC).

Documento PROA Assinado

Universidade Federal de Santa Maria
Programas de Graduação e Pós-Graduação
em Meteorologia
Avenida Roraima, 1000
Santa Maria/RS, Brasil - CEP. 97105-900

Universidade Federal de Pelotas
Faculdade de Meteorologia
Campus Capão do Leão S/N, prédio 110
Capão do Leão/RS, Brasil – CEP. 96160-000.

3. A equipe técnica.

Do Especialista em Radar: sugere-se que no TR conste o perfil profissional "Mestrado e/ou doutorado em meteorologia, com estudo voltado a radar meteorológico".

4. Considerações finais.

- Sugere-se que a empresa que realizará a aquisição dos radares seja responsável pela manutenção dos mesmos, pelo processamento dos dados brutos e produtos para plataforma de visualização. Recomendamos que os dados brutos das varreduras volumétricas dos radares sejam armazenados em máquinas servidoras de um órgão público como parte de uma solução de longo prazo para que estes dados fiquem disponíveis para entes públicos estaduais, federais e municipais, bem como para atividades de ensino e pesquisa.

- Do ponto de vista técnico o termo de referência deve contemplar as condições necessárias para que os radares funcionem adequadamente, ou seja, radares, torres e demais equipamentos necessários ao seu perfeito funcionamento, bem como serviços de instalação, manutenção e operação. É necessário, que juntamente com os radares sejam entregues conjuntos de peças de reposição que fiquem disponíveis para pronto uso em necessidade de reparo.

- Dado a especificidade de radares meteorológicos, é importante que se priorize a qualidade dos dados a partir da inclusão de especificações técnicas descritas ao longo do texto deste parecer.

- Considerando o volume de investimentos, é fundamental que as empresas concorrentes e os fabricantes dos radares tenham lastro econômico para cobrir eventuais sinistros e quebras contratuais, comprovada experiência na área de radar, na operação de sistemas meteorológicos, relevância no mercado nacional e internacional para garantir que o radar tenha suficiente qualidade nas medições e distribuição dos dados à defesa civil e à população em geral.

Em 20/05/2025.

gov.br Documento assinado digitalmente
MARCELO FELIX ALONSO
Data: 20/05/2025 20:55:08-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Marcelo Felix Alonso

gov.br Documento assinado digitalmente
VAGNER ANABOR
Data: 20/05/2025 20:42:44-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Vagner Anabor

gov.br Documento assinado digitalmente
LEONARDO CALVETTI
Data: 20/05/2025 23:48:13-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Leonardo Calvetti

gov.br Documento assinado digitalmente
ERNANI DE LIMA NASCIMENTO
Data: 20/05/2025 20:04:26-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Ernani de Lima Nascimento

Documento PROA Assinado

Nome do documento: Parecer_Tecnico_TR_RadMet_RS_20mai2025_assinado.pdf

Documento assinado por	Órgão/Grupo/Matrícula	Data
Joel Avruch Goldenfum	SICT / CCARC / 5015596	21/05/2025 09:46:22

Documento PROA Assinado