POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Meteorologia aplicada ao esporte: um estudo de caso

Original
Meteorologia aplicada ao esporte: um estudo de caso / Pallotta, M., Pezzoli, A., Herdies, D.L., de Gonçalves, L.G.G.. - ELETTRONICO. - (2012). (XVII Congresso Brasileiro de Meteorologia Gramado, RS 23-28 Settembre 2012).

Availability:
This version is available at: 11583/2504697 since:

Publisher:
Sociedade Brasileira de Meteorologia

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

12 October 2026

METEOROLOGIA APLICADA AO ESPORTE: UM ESTUDO DE CASO

Mariana Pallotta[1], Alessandro Pezzoli[2], Dirceu L. Herdies[3], Luis Gustavo G. de Gonçalves[4]

Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE) – São Paulo, Brasil
Politecnico di Torino – Torino, Itália

mariana.pallotta@cptec.inpe.br[1], alessandro.pezzoli@polito.it[2], dirceu.herdies@cptec.inpe.br[3], gustavo.golcalves@cptec.inpe.br[4]

RESUMO: O crescente interesse em um melhor conhecimento de como as diversas influências que o tempo e o clima têm na vida humana e suas atividades levam este trabalho a estudar a meteorologia aplicada ao esporte. Este artigo apresenta uma análise detalhada da atuação do serviço meteorológico no 52º Campeonato Mundial de Pentatlo Moderno, desde a descrição das rotinas de trabalho durante a competição até a validação das previsões de tempo divulgadas à comunidade participante (atletas, técnicos, comissão organizadora e espectadores), levando em consideração dados coletados no local de prova. Foi possível verificar que um serviço específico como esse é realmente necessário no ambiente de esporte de competição, e que as previsões divulgadas tiveram atuação satisfatória no auxílio ao melhor desempenho dos atletas.

ABSTRACT: Increasing interests in a better knowledge about how several influences of weather and climate on human's life and their activities lead this work to study the meteorology applied to sports. This paper presents a detailed analysis about the meteorological service performance on the 52° World Championships of Modern Pentathlon, since the job routine description during the competition until the validation of the forecasts released to the community (athlets, coachs, organization committee and audience), taking into account the data collected in competition site. As conclusions, was verified that a specific service like this one is really necessary in a competitive sports environment, and that the forecasts had a satisfactory role on the support for the best performance of the athlets.

INTRODUÇÃO

A análise das condições meteorológicas vem se mostrando uma ferramenta útil quando direcionada especificamente aos esportes. Estudos recentes tem mostrado que a meteorologia aplicada ao esporte tem se tornado um diferencial no planejamento de treinos e estratégias de prova, principalmente para esportes praticados ao ar livre, sendo cada vez mais abordada dentre as diversas frentes que estudam e desenvolvem melhores técnicas de treinamento e competição de modalidades esportivas profissionais.

É evidente a influência meteorológica em esportes como os de navegação, de voo planado e de inverno, uma vez que eles dependem fortemente das condições de tempo e clima para poderem ser realizados. Esportes de corrida, bem como o futebol e outros, dificilmente seriam considerados dependentes das condições do tempo (Spellman 1996). Mas são em modalidades como essas que o principal tema da meteorologia no esporte vem à tona: o

conforto térmico do atleta (Perry 2004). Pezzoli et al. (2011) apontam em seu estudo que a avaliação do conforto térmico em esportes de competição tem importância fundamental no planejamento de treinos, plano nutricional e estratégias de prova.

A melhor maneira de verificar a influência das condições meteorológicas nos esportes e nos atletas, bem como a importância de uma previsão de tempo específica para este fim, é analisar um caso real, ou seja, uma competição esportiva. Sendo assim este trabalho apresenta uma análise detalhada do serviço meteorológico prestado ao 52º Campeonato Mundial de Pentatlo Moderno[1], realizado entre 07 e 13 de maio de 2012, na cidade italiana de Roma.

Sendo assim o presente trabalho tem como objetivos: apresentar a meteorologia aplicada ao esporte como uma ferramenta útil e aplicável na busca do melhor desempenho esportivo; discutir uma metodologia que torne possível essa aplicação, através de um estudo de caso do 52º Campeonato Mundial de Pentatlo Moderno; avaliar o serviço meteorológico prestado durante as competições, validando as previsões divulgadas com os dados coletados no local de prova.

MATERIAL E MÉTODOS

Durante o 52° Campeonato Mundial de Pentatlo Moderno (52 CMPM) a rotina do serviço meteorológico era composta por duas tarefas principais: a divulgação de boletins de previsão de tempo diários e a instalação de uma estação meteorológica móvel no local de competições. Os boletins eram divulgados duas vezes ao dia, um pela manhã (8hs) e um atualizado no início da tarde (14hs), e elaborados de acordo com as saídas do modelo WRF (*Weather Research and Forecasting*), resolução espacial de 9km centrado no local de competição e resolução temporal de 6hs.

Além das previsões horárias de parâmetros meteorológicos como temperatura (T_{ar}), umidade relativa (*UR*), direção e velocidade do vento (*V*), cobertura de nuvens, possibilidade de chuva era calculada também a temperatura aparente (*TA*) para cada hora e a ela associada um "alarme", evidenciando o grau de estresse fisiológico que poderia ser enfrentado naquele período (confortável, ligeiro estresse ao frio, ligeiro estresse ao calor, etc).

A *TA* divulgada nos boletins era estimada de acordo com três índices de conforto térmico calculados pelo *Modelo de Rayman*[2]: o Voto Médio Previsto (*VMP*), a Temperatura Equivalente Fisiológica (*TEF*) e a Temperatura Efetiva Padrão (*TEP*). Os dados das saídas do WRF eram inseridos no modelo de *Rayman* e, com os três índices calculados, a *TA* era estimada. Seu valor propriamente dito era, geralmente, uma média entre os valores da *TEF* e da *TEP*, enquanto o alarme divulgado estava de acordo com os limiares de conforto/desconforto

[1] Pentatlo Moderno: esporte olímpico praticado por homens e mulheres, individualmente ou em equipes, composto por cinco modalidades diferentes: hipismo, esgrima, natação e evento combinado de tiro esportivo e corrida.

[2] Modelo de Rayman: modelo simples de interface gráfica que usa informações de data, localidade, parâmetros meteorológicos e também fisiológicos para calcular três índices de conforto térmico.

térmico do VMP.

Uma estação meteorológica móvel era montada no local de competição todos os dias, cuja função principal era dar suporte para o serviço meteorológico validar em tempo real as previsões divulgadas, identificando assim as características específicas do local e para leva-las em consideração na elaboração dos próximos boletins.

A metodologia empregada neste trabalho pretende basicamente comparar os dados coletados no local de competição (*dados observados*) com aqueles divulgados nos boletins de previsão de tempo (*previsão*). Trata-se de uma comparação horária dos parâmetros meteorológicos para os dias em que o serviço meteorológico atuou no 52 CMPM (de 07 à 11/05), levando em consideração o período do dia em que a estação meteorológica esteve em operação no local (das 10hs às 16 ou 17hs).

Os dados observados foram catalogados em médias horárias dos parâmetros meteorológicos disponíveis, enquanto as previsões foram computadas de acordo com os boletins meteorológicos divulgados, de acordo com alguns critérios de classificação. Para representar essas comparações foram construídos gráficos dos dados observados com as previsões, para os seguintes parâmetros: T_{ar}, *UR*, *V* e *TA*. Para os dados observados a *TA* foi calculada seguindo a mesma metodologia apresentada anteriormente.

Uma análise estatística foi feita para facilitar as comparações e tentar identificar padrões de comportamento. Utilizou-se o *Coeficiente de Correlação de Pearson* (**Equação 1**):

$$\rho = \frac{cov(P,O)}{\sqrt{var(P)var(O)}} \qquad \textbf{(1)}$$

Onde *P* é referente à série de dados de previsão e *O* referente aos dados observados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

No final de semana que precedeu o início das competições do 52 CMPM uma frente fria atuou sobre o norte e a região central da Itália, o que trouxe a Roma um domingo (06/05) muito frio e chuvoso. A segunda-feira (07/05) já apresentou alguma melhora no tempo, mas a passagem da frente ainda era notada, com temperatura amenas, nebulosidade intensa porém variável e alguma precipitação leve. Havia a possibilidade de tempestades no fim do dia devido ao cavado que ainda atuava na região, porém não houve registro. A terça-feira (08/05) foi de céu claro praticamente todo o dia, temperatura em ligeira elevação e umidade relativa um pouco mais baixa que nos dias anteriores, devido ao início da atuação de uma alta da região, que persistiu ao longo da semana. Sendo assim na quarta (09/05), quinta (10/05) e sexta (11/05) o tempo se manteve bem estável, com céu aberto, temperaturas em gradativa elevação e umidade relativa com consequente queda. Destaque especial para o dia 10, pelo céu claro de praticamente todo o dia, e o dia 11 pelas temperaturas elevadas em torno dos 30°C.

A topografia da região era pouco acidentada, o que fazia a entrada da brisa marítima ser notada todos os dias (ventos do quadrante noroeste), depois das 14hs. Quanto à outras

características relevantes vale a pena citar o Rio Tibre, que corta Roma e ficava à alguns quilômetros à leste do local de competição.

Para apresentar os nuances dessa semana foram escolhidos os gráficos mais representativos do dia 07/05 (**Figs. 1a, 1b** e **1c**), por este ser o dia em que a frente fria ainda se fazia presente mostrando o quanto esse sistema transiente pode ser importante quando se busca uma previsão de tempo acurada, e do dia 10/05 (**Figs. 1d**, **1e** e **1f**), no qual um sistema de alta pressão estava atuando na região há alguns dias e manteve o tempo mais estável, melhorando a confiabilidade das previsões.

A **Tab. 1** apresenta os valores das correlações calculadas para cada uma das comparações feitas, e classificadas de acordo com as cores em alta (verde), moderada (amarela) e baixa (vermelha). Combinando a análise de todos os gráficos comparativos, além dos valores de correlação obtidos, a seguir encontra-se uma descrição detalhada de como a previsão de cada parâmetro meteorológico se comportou, quando comparados aos dados observados.

Tabela 1. Coeficientes de correlação entre previsão e observação para temperatura, velocidade do vento, umidade relativa e temperatura aparente de 07 à 11 de maio.

Coeficientes de Correlação					
Dia	07	08	09	10	11
TA	0,44	0,96	0,46	-0,26	-0,02
V	-0,81	0,87	-0,55	0,78	0,90
UR	0,48	0,50	0,34	0,65	0,69
TA	0,41	0,77	0,32	0,73	0,58

Temperatura: a previsão subestimou a temperatura observada, principalmente entre a manhã e o começo da tarde. Foi obtida correlação de moderada à alta em três dos cinco dias estudados, sendo que nesses dois dias restantes (10/05, **Fig. 1d**, e 11/05, **Figura não apresentada**) foram registradas as maiores temperaturas da semana.

Temperatura Aparente: a previsão subestimou a temperatura aparente em todas as situações. Apesar de correlações de moderada à alta em todos os dias, os gráficos mostraram (como, por exemplo, os **Fig. 1b** e **1e**) que as previsões não representaram bem a temperatura aparente calculada com os dados observados. Talvez o coeficiente de correlação não seja a melhor ferramenta de análise para este caso.

Velocidade do Vento: a previsão representou bem o vento observado pelas manhãs, já durante as tardes a previsão superestimava o observado. Foram registrados altos valores de correlação em três dos cinco dias, apenas em 07/05 (**Fig. 1c**) e 09/05 (**Figura não apresentada**) houve correlações negativas alta e moderada, respectivamente, que não são representativos para essa análise. Nas situações de correlação alta o vento teve uma boa estimativa pela previsão até as 14hs, depois disso era fortemente superestimado.

Umidade Relativa: a previsão superestimou levemente a UR durante as manhãs, mas o padrão durante as tarde era bem similar aos valores observados (**Figuras não apresentadas**).

Correlações de moderada a alta entre previsão e observação foram registradas nos cinco dias.

CONCLUSÕES

A rotina estabelecida pelo serviço meteorológico ao longo dos dias de competição foi essencial para compreender como as condições de tempo influenciam modalidades esportivas. As altas temperaturas enfrentadas no fim da semana, principalmente na sexta-feira, fizeram com que o comitê organizador consultasse o serviço meteorológico, a fim de verificar se era necessário alterar o horário das competições para alguma modalidade. O fato do evento combinado ter início as 14hs, nos dias em que foram divulgados alertas de forte estresse ao calor, fez com que os meteorologistas sugerissem o adiamento da prova para às 15hs, quando a insolação já seria um pouco menor e a influência do vento de brisa marítima tornaria a prova termicamente mais confortável para os atletas.

As comparações entre previsão e dados observados permitiram concluir que os prognósticos foram satisfatórios para umidade relativa e velocidade do vento. Já as previsões para temperatura e temperatura aparente não se mostraram eficientes, devido à constante superestimativa em relação ao observado, o que pode ser em parte explicado pelo fato do instrumento de coleta em campo esteve exposto diretamente ao Sol. Devido à temperatura aparente ser calculada em função também da temperatura do ar, é perfeitamente explicável o porquê dessa superestimativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MATZARAKIS, A.; ET AL. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments – application of the RayMan model. **International Journal of Biometeorology**, v. 51, 2007.

PERRY, A. Sports tourism and climate variability. **Advances in Tourism Climate**, 2004.

PEZZOLI, A.; ET AL. Analysis of the thermal comfort in cycling athletes. **Procedia Engineering**, 2011.

SPELLMAN, G. Marathon running an all-weather sport? **Weather**, v. 51, p. 118-125, 1977.

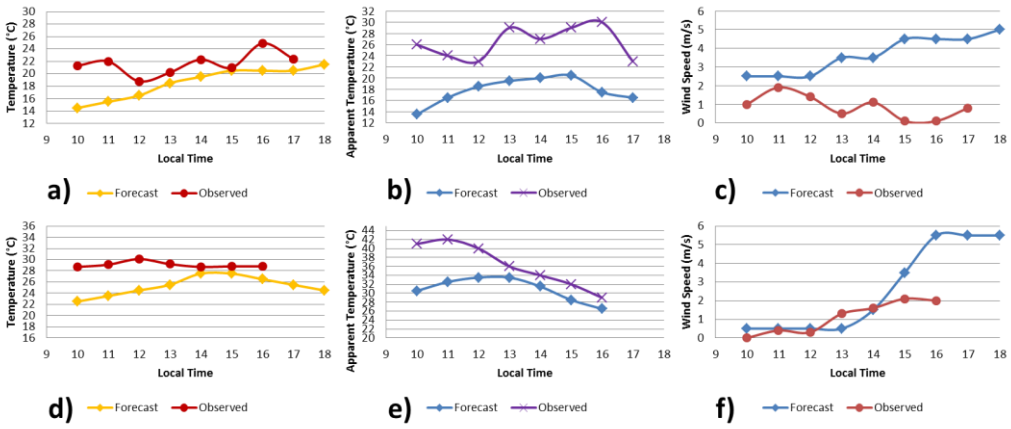

Figura 1. Gráficos comparativos da Previsão (*Forecast*) com os dados observados (*Observed*) ao longo do dia (hora local) para: **(a)** Temperatura do ar em 07/05; **(b)** Temperatura Aparente em 07/05; **(c)** Velocidade do Vento em 07/05; **(c)** Temperatura do ar em 10/05; **(d)** Temperatura Aparente em 10/05; **(e)** Velocidade do Vento em 10/05.