

# CÁLCULO DE UN ÍNDICE DE HUMIDADE RELATIVA DO AR, CONSIDERANDO A RESILIENCIA TÉRMICA HORÁRIA DA TEMPERATURA LST, OBTIDA POR IMAGENS DE SATÉLITE

## *CALCULATING A AIR RELATIVE HUMIDITY INDEX, CONSIDERING THE THERMAL RESILIENCE OF HOURLY TEMPERATURE LST, OBTAINED BY SATELLITE IMAGES*

J. R. Marques da Silva<sup>(1,ab\*)</sup>, L. Bugalho<sup>(2)</sup>, A. M. O. Sousa<sup>(1,ab)</sup>, L. Pessanha<sup>(2)</sup>, P. Quaresma<sup>(1,b)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia Rural

<sup>(a)</sup>ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrânicas, <sup>(b)</sup> CITI – Centro de Inovação em Tecnologias de Informação, P. O. BOX. 94, 7002 – 554 Évora, Portugal, Tel: (351) 266760823, Fax: (351) 266711189. \*E-mail: [jmsilva@uevora.pt](mailto:jmsilva@uevora.pt)

<sup>(2)</sup> Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), Rua C do Aeroporto, 1749-077 Lisboa, Portugal, Tel: (351) 218 447 000, Fax: (351) 218 402 370

### SUMMARY

*A relative humidity index (IHR-LST), estimated using the difference between the temperature LST (Land Surface Temperature), one hour after sunrise and one hour after solar noon, divided by the number of hours mediate these two periods, is compared with the air relative humidity of a selected set of meteorological stations. The results show a clear association between both values, relative humidity index and air relative humidity, enabling, with a single variable (LST distributed by EUMETSAT/LSASAF), to obtain a thermal behavior of the soil surface, as well as, an estimation of relative humidity from its temporal dynamics.*

## 1. INTRODUÇÃO

As características espaciais, resoluções temporais e cobertura dos satélites meteorológicos, permitem para além da monitorização, vigilância e previsão do tempo, a sua utilização noutras áreas de actividade, como por exemplo, em aplicações de monitorização do clima ou no apoio à agricultura e às florestas (Bugalho e Pessanha, 2009). É o caso do satélite geoestacionário MSG (METEOSAT *Second Generation*) cuja exploração é da responsabilidade da EUMETSAT (*European Organisation for the exploitation of Meteorological Satellites*). As actividades do projecto LSA SAF (*Land Surface Analysis Satellite Application Facility*), financiado pela EUMETSAT, são asseguradas pelo IPMA

(Instituto Português do Mar e da Atmosfera), que se responsabiliza pela coordenação científica do desenvolvimento de algoritmos para a obtenção de vários parâmetros biofísicos do solo, tais como, o Albedo, os fluxos radiativos descendentes de pequeno e grande comprimento de onda (DSSF e DSLF), a temperatura da superfície da terra (LST), o coberto de neve (SC), a potência dos fogos (FRPIXEL) bem como ainda diversos parâmetros de vegetação (LAI, FVC, fAPAR). Todos estes produtos são operacionalmente calculados, arquivados e gratuitamente distribuídos pelo sistema, em NRT (Tempo Quase Real) e em tempo diferido (Bugalho e Pessanha, 2009; Freitas *et al.*, 2009).

No estudo aqui apresentado, pretende-se perceber se com os dados LST é possível aumentar o conhecimento espacial e temporal, no que toca a parâmetros de temperatura e de humidade relativa, de Portugal Continental, ampliando assim as suas possíveis aplicações.

## 2. METODOLOGIA DE TRABALHO

### 2.1 Área de estudo e dados

A área de estudo é o território de Portugal Continental (Fig. 1), tendo sido analisados 4 anos de dados, de 2009 a 2012.

A temperatura da superfície da terra é um dos vários parâmetros biofísicos sobre solo calculados pelo projecto LSA-SAF recorrendo à observação remota (<http://landsaf.meteo.pt>). Estes dados são disponibilizados com uma resolução espacial de 4km (Fig. 2a) e uma resolução temporal de 15 minutos (96 imagens por dia) para o território de Portugal Continental, facto que representa uma grande vantagem em dados de detecção remota. Como desvantagem, podemos ter a baixa cobertura da área de estudo devido à dinâmica das nuvens (Fig. 1).

### 2.3 Métodos

A amplitude térmica diária da temperatura do ar de um determinado local é, normalmente, condicionada pelo seu teor de humidade relativa. Em igualdade de circunstâncias, uma região que apresente uma humidade relativa do ar mais baixa, tem, em geral, uma variação térmica horária ao longo do dia, de maior amplitude, do que uma região que apresente uma humidade relativa mais elevada. Em suma, zonas com baixa humidade relativa do ar a temperatura cresce muito mais rapidamente durante o dia do que zonas onde a humidade relativa do ar é muito mais elevada.

Partindo do pressuposto apresentado anteriormente, foi calculado um índice de humidade relativa (RHI-LST) que considera a diferença entre a temperatura LST (*Land Surface Temperature*, distribuída pela EUMETSAT/LSASAF), uma hora depois do nascer do sol e uma hora depois de o sol ter atingido o seu pico máximo, dividida pelo número de horas que medeiam estes dois períodos. O índice calculado

desta forma foi relacionado com a humidade relativa de 4 estações meteorológicas.

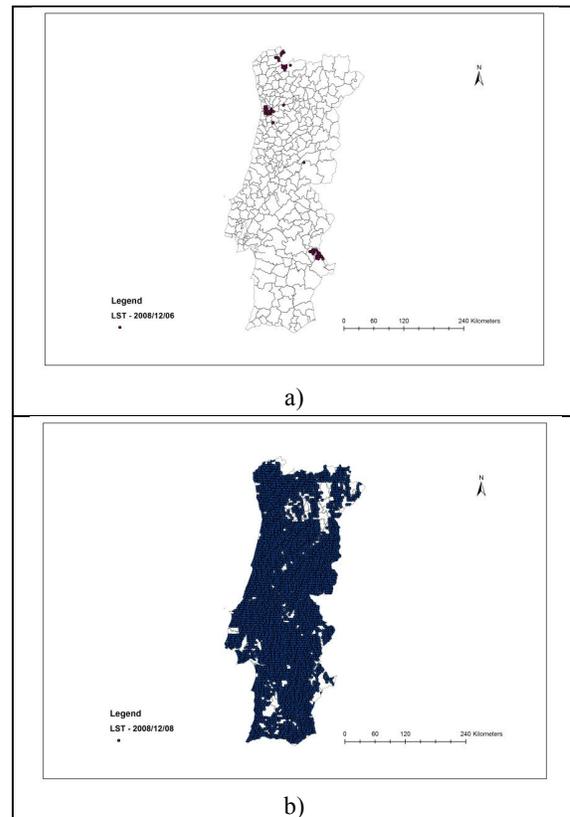


Fig. 1- Dinâmica dos pontos LST considerando cobertura das nuvens: a) elevada; e b) baixa.

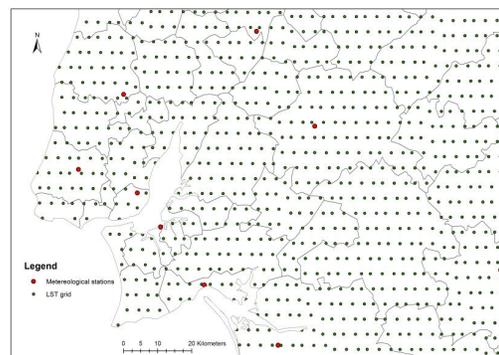


Fig. 2 - Comparação da densidade de amostragem entre estações meteorológicas e dados LST.

A Tabela I apresenta as características das estações meteorológicas consideradas neste estudo, duas no interior de Portugal, sendo uma destas em altitude e duas junto do litoral, uma das quais na costa Sul.

**Tabela I.** Descrição das estações meteorológicas.

Estação meteorológica	Latitude (°)	Long. (°)	Altitude (m)	Distancia euclídeana ao mar (m)
Évora	38.50	-7.90	309	81043
P.Douradas	40.40	-7.55	1380	104139
D. Portos	39.00	-9.18	110	20590
Portimão	37.10	-8.57	14	1000

Para as estações referidas na Tabela I, foram estudados os meses de Março e Junho e as relações existentes entre as variáveis LST máxima (LST\_MX) e mínima (LST\_MN) com a temperatura do ar máxima (T\_MX) e mínima (T\_MN) obtida nas estações meteorológicas. Avaliamos ainda a relação entre a média dos valores de humidade relativa (RH\_AV) do ar nas estações, com o índice RHI-LST, proposto anteriormente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apesar de não apresentarem um coeficiente de correlação ( $R^2$ ) elevado (Tabelas II, III, IV e V) apresentam relações significativas (com 95% de confiança) entre o índice proposto e a humidade relativa do ar medida pelas estações meteorológicas, bem como, entre LST\_MN vs T\_MN e LST\_MX vs T\_MX. Existem nitidamente alguns pontos que prejudicam na generalidade os  $R^2$  das relações ilustrados para o mês de Março e Junho (Figs. 3, 4, 5, 6, 7 e 8), podendo tais pontos serem anomalias das estações meteorológicas ou das imagens de satélite.

Tais resultados permitem com uma única variável, (LST), conhecer o comportamento térmico à superfície do solo, bem como, estimar a humidade relativa do local, recorrendo à dinâmica temporal do LST, em situações de céu limpo.

**Tabela II** - Parâmetros da regressão linear entre LST\_MX e T\_MX.

Estação meteorológica	Mês	a	b	$R^2$
Évora	Marzo	2.9277	1.2234	0.6513
P. Douradas	Marzo	7.0545	1.1742	0.5909
D. Portos	Marzo	2.6516	1.1221	0.6047
Portimão	Marzo	6.6314	0.8478	0.3781
Évora	Junio	1.2060	1.3748	0.7714
P. Douradas	Junio	6.1190	1.1478	0.8169
D. Portos	Junio	-0.7233	1.3397	0.6433
Portimão	Junio	11.89	0.7694	0.522

Os resultados permitem ainda, obter com um detalhe relativamente elevado, a cartografia à escala

nacional do parâmetro humidade relativa do ar (Fig. 4c), que tem impacto relativamente elevado em muitas actividades económicas, nomeadamente, na gestão de pragas e doenças (Fig. 9).

**Tabela III** - Parâmetros da regressão linear entre LST\_MN e T\_MN.

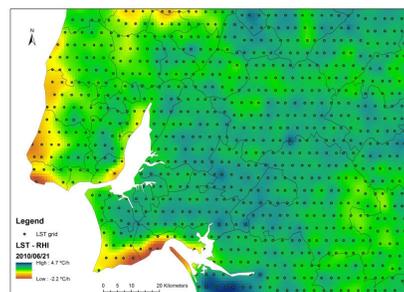
Estação meteorológica	Mês	a	b	$R^2$
Évora	Marzo	-1.2079	1.108	0.4595
P. Douradas	Marzo	0.0819	0.7754	0.5431
D. Portos	Marzo	1.2097	0.6016	0.1616
Portimão	Marzo	5.6943	0.4187	0.0995
Évora	Junio	3.6177	0.9891	0.2328
P. Douradas	Junio	5.9289	0.7217	0.4930
D. Portos	Junio	6.1158	0.5958	0.1514
Portimão	Junio	10.167	0.5457	0.1749

**Tabela IV**- Parâmetros da regressão linear entre HR\_AV e RHI-LST.

Estação meteorológica	Mês	a	b	$R^2$
Évora	Marzo	92.433	-6.5136	0.3075
P. Douradas	Marzo	99.187	-12.915	0.4051
D. Portos	Marzo	91.198	-4.3171	0.1219
Portimão	Marzo	76.939	-1.3093	0.0073
Évora	Junio	78.475	-5.1354	0.1993
P. Douradas	Junio	79.523	-10.104	0.2184
D. Portos	Junio	88.030	-2.9134	0.0714
Portimão	Junio	65.593	-1.7390	0.0171

**Tabela V** - Parâmetros da regressão linear entre HR\_AV e 'T\_MX - T\_MN'.

Estação meteorológica	Mês	a	b	$R^2$
Évora	March	99.333	-2.1136	0.2665
P. Douradas	March	122.53	-6.5797	0.2952
D. Portos	March	92.409	-1.1247	0.1632
Portimão	March	73.647	0.0171	0.0000
Évora	June	98.347	-2.294	0.4608
P. Douradas	June	79.11	-2.5044	0.0740
D. Portos	June	96.358	-1.4687	0.314
Portimão	June	85.606	-1.5528	0.3792

**Fig. 9** – Variabilidade geográfica do índice RHI-LST.

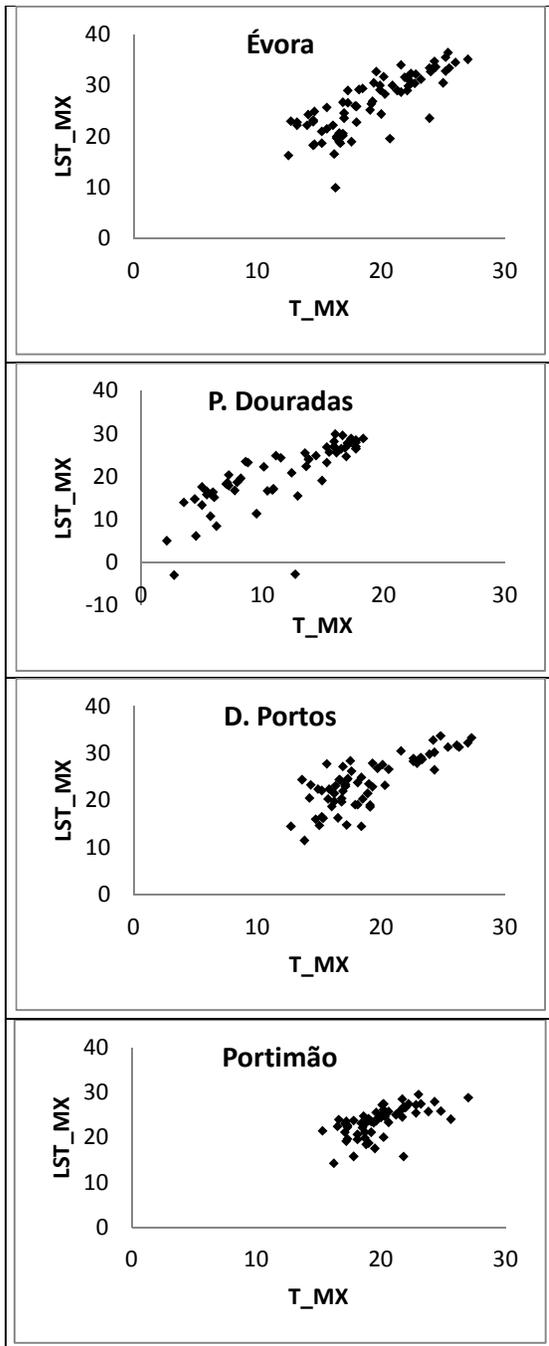


Fig. 3 - LST máxima vs temperatura do ar máxima em Março

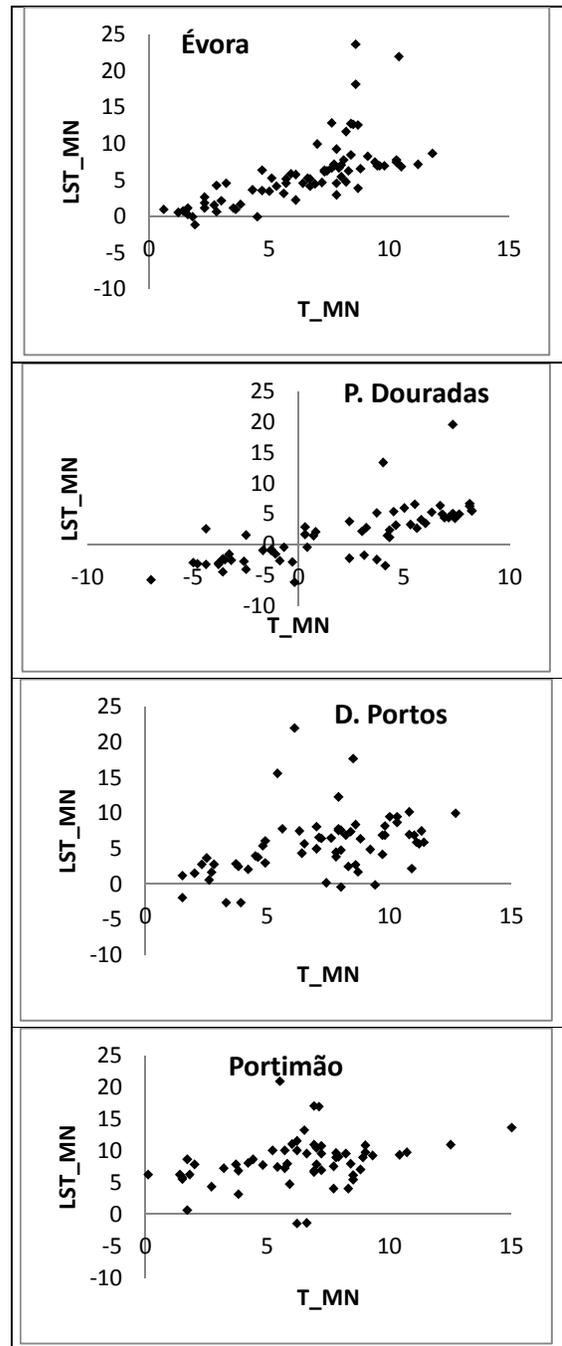


Fig. 4 - LST mínima vs temperatura do ar mínima em Março

#### 4. CONCLUSÕES

O estudo aqui apresentado evidencia relações significativas entre a humidade relativa do ar índice de humidade relativa (RHI-LST) baseado na temperatura LST aqui apresentado. Esta relação

pode ser promissora, não só pelo detalhe geográfico que esta informação apresenta, em aplicações associadas à agricultura, mas também, pela cobertura nacional da mesma. As maiores

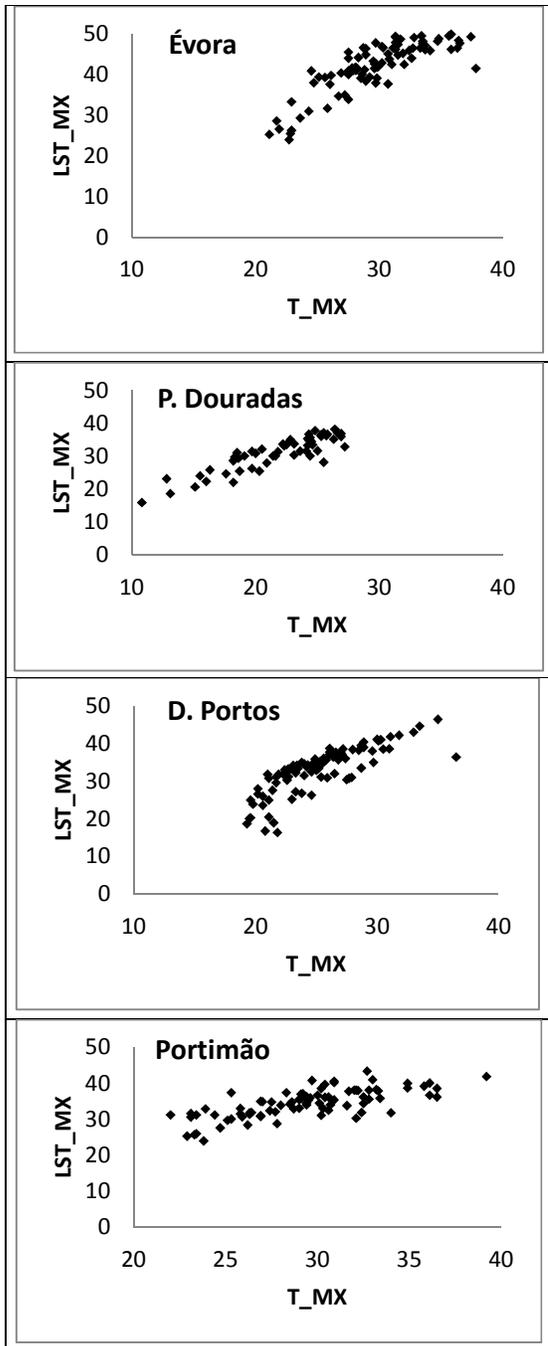


Fig. 5 - LST máxima vs temperatura do ar máxima em Junho

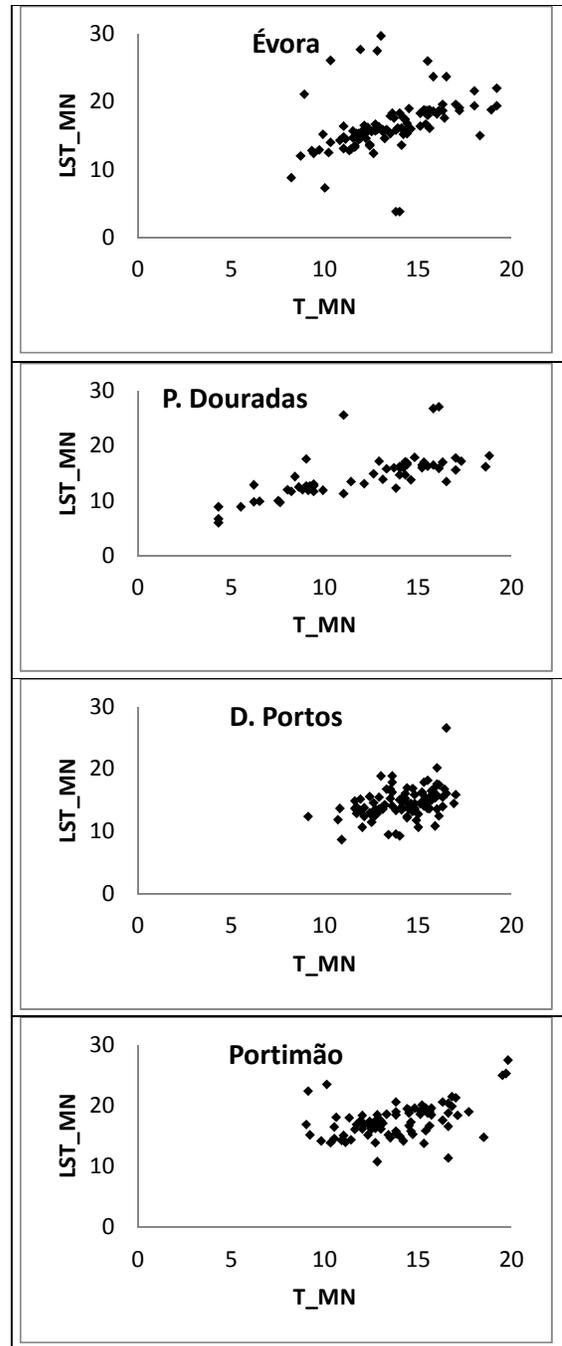


Fig. 6 - LST mínima vs temperatura do ar mínima em Junho

fragilidades encontradas têm a ver com o facto do produto LST ser somente calculado em situações de céu limpo, no entanto, com o histórico existente e com maior conhecimento sobre como modelar este produto, esta questão poderá ser inclusivamente ultrapassada.

## 5. BIBLOGRAFÍA

Algorithm Theoretical Basis Document for Land Surface Temperature (LST) - SAF/LAND/IM/ATBD\_LST/1.0, 2009.

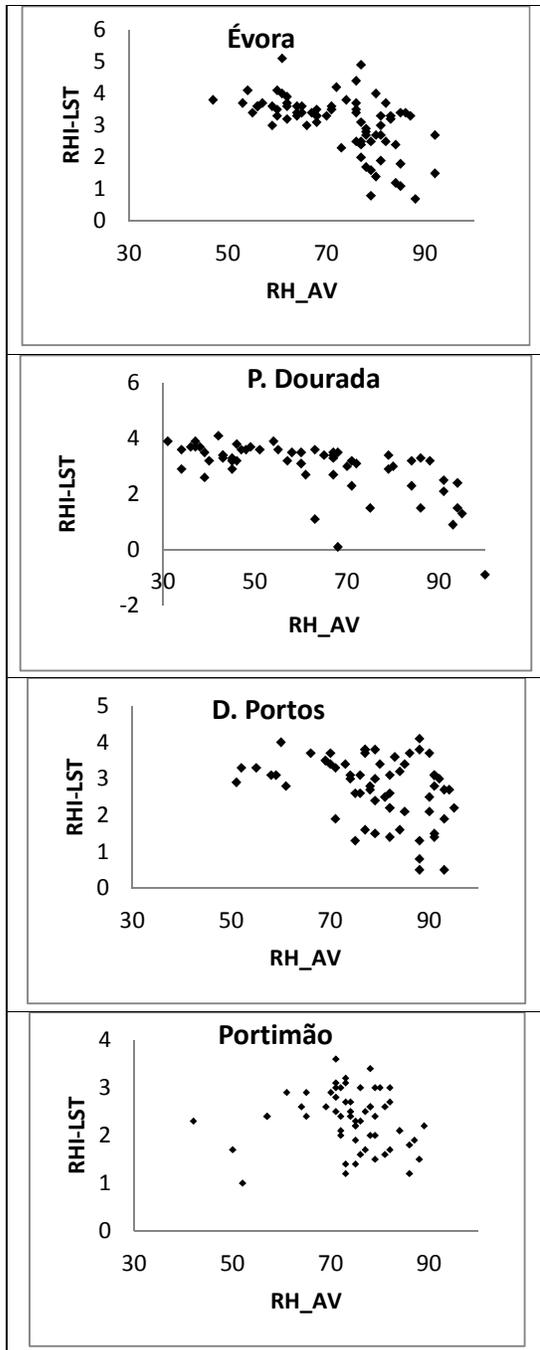


Fig. 7 - RHI-LST vs Humidade relativa do ar em Março

FREITAS, S. C., TRIGO, I. F., BIOUCAS-DIAS, J. M. & GÖTTSCHE, F. 2009. Quantifying the Uncertainty of Land Surface Temperature Retrievals from SEVIRI/Meteosat. IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing, 48.

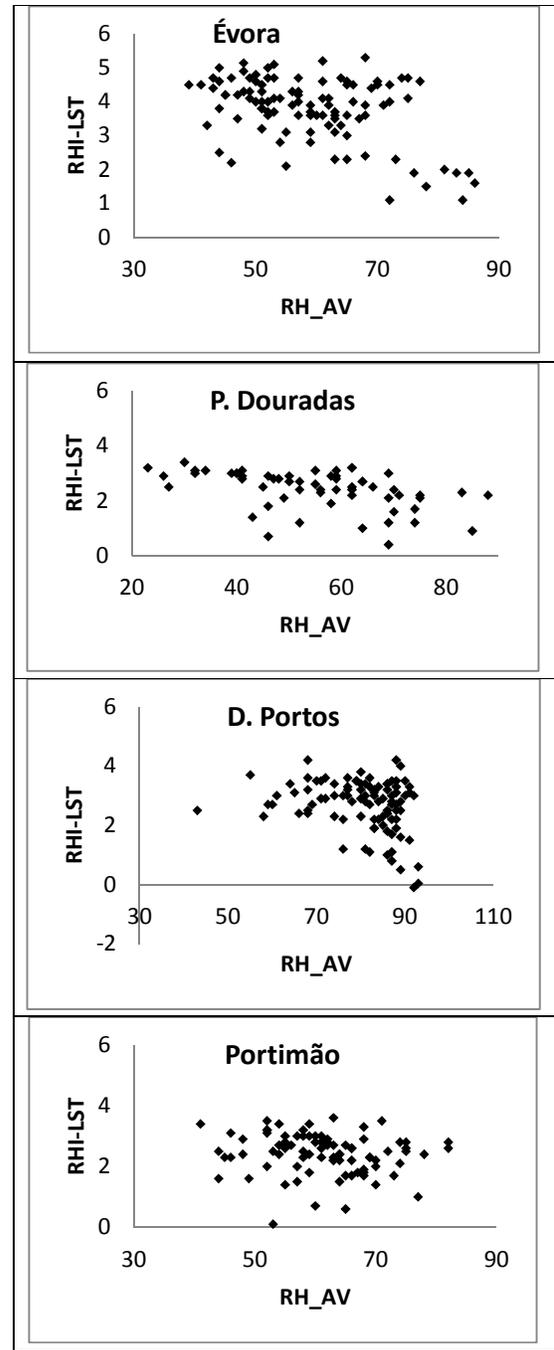


Fig. 8 - RHI-LST vs Humidade relativa do ar em Junho

BUGALHO, L. & PESSANHA L. 2009. Monitorização de Parâmetros Biofísicos com Base nos Produtos Distribuídos pelo Sistema LSASAF –

APMG 2009 – Proceedings do 6º Simpósio de Meteorologia e Geofísica da APMG.