

## Necessidades hídricas dos espaços verdes urbanos: Estudo de caso em Mirandela, Portugal

A.C. Ribeiro<sup>1</sup>, G. Ferreira<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigação de Montanha, ESA, Instituto Politécnico de Bragança, Campus de Sta Apolónia, Apt 1172; 5300 – 855 Bragança, Portugal. E-mail: atrib@ipb.pt

<sup>2</sup> Câmara Municipal de Mirandela, Praça do Município, 5370-288 Mirandela, Portugal. E-mail: gualter.ferreiro@cm-mirandela.pt

### Resumo

O desenvolvimento tecnológico tem conduzido ao fabrico de equipamentos modernos para automatização da rega, com especial relevância para os sistemas de rega dos espaços verdes. Assim, torna-se bastante oportuno o desenvolvimento de metodologias para a determinação das necessidades de rega que permitam uma utilização mais eficiente desses equipamentos e uma melhor gestão da rega.

Neste trabalho faz-se uma estimativa das necessidades hídricas e de rega dos espaços verdes da cidade de Mirandela (Portugal). As necessidades hídricas dos espaços verdes foram estimadas a partir da evapotranspiração de referência e do coeficiente de espaços verdes, parametrizado com base nas características dos espaços verdes. As necessidades de rega foram calculadas através da simulação do balanço hídrico do solo. O desempenho dos sistemas de rega foi avaliado através da realização de ensaios experimentais para a determinação da uniformidade de rega. Os resultados mostram que o desempenho dos sistemas de rega é fraco, na maioria das hidrozonas estudadas. O valor médio da uniformidade de distribuição foi de 25,9 % e do coeficiente de uniformidade 43,9 %. Analisa-se o fraco desempenho dos sistemas de rega e sugerem-se medidas para a melhoria do seu desempenho, intervindo ao nível da substituição de equipamentos e controlo de variáveis com influência no débito dos emissores. As necessidades de rega das várias hidrozonas estudadas variam consideravelmente e reflectem as diferenças no tipo de vegetação, das características dos espaços e do seu microclima.

Palavras-chave: Rega; evapotranspiração de espaços verdes; hidrozonas; balanço hídrico do solo

### Urban landscape irrigation requirements: The case study of Mirandela, Portugal

#### Abstract

The technological development is leading to the emergence of modern equipment for the automation of irrigation systems, with especial relevance for landscape irrigation systems. Thus, the development of methodologies for irrigation requirements of landscape, that allowed an improvement of the utilization of those technologies and equipment, and consequently to an improvement in irrigation management, is very timely and opportune.

In this study, water requirements for landscape irrigation in Mirandela city (Portugal) were estimated. In order to evaluate the sprinkler irrigation system performance, with the purpose of implementing an efficient irrigation management program, uniformity experiments were also conducted. The landscape water requirements were estimated with the combination of reference evapotranspiration with the landscape coefficient, parameterized from landscape characteristics. The landscape irrigation requirements were calculated from soil water balance simulations. The results from uniformity experiments show a poor performance of irrigation systems in the majority of landscape hydrozones. The average value of uniformity distribution was just 25.9 % and uniformity coefficient 43.9 %. The poor performance is analyzed and measures to improve the irrigation performance are suggested such as equipment replacement and an efficient control of variables which influence the sprinkler flow. The total irrigation requirements variability of landscape hydrozones reflects the different type of existing vegetation and the characteristics of the places and its microclimate.

Keywords: Irrigation; landscape evapotranspiration; hydrozones; soil water balance

#### Introdução

Os espaços verdes são frequentemente regados e requerem, por isso, conhecimento adequado das necessidades de água. Para o efeito, têm-se desenvolvido vários procedimentos para a sua estimativa (Allen et al., 2007; Costello et al., 2000; Snyder and Echings, 2005). Sendo o espaço verde um

elemento de paisagem heterogéneo, constituído por diferentes tipos e espécies de plantas, com necessidades hídricas diferenciadas, crescendo em ambientes diversos no que se refere a sombra e microclima, com diferentes densidades, e com a possibilidade de adoptar índices de stresse diferenciados, para cada espaço verde (hidrozonas) as necessidades de rega são específicas e diferenciadas. O conhecimento adequado das necessidades de água para os espaços verdes reveste-se assim de maior complexidade (Pereira, 2008).

A determinação rigorosa das necessidades hídrica dos espaços verdes e a condução adequada da rega, pode reduzir significativamente os consumos de água e de energia.

Neste trabalho pretende-se determinar as necessidades de rega dos espaços verdes da cidade de Mirandela, promovendo deste modo a utilização mais eficiente da água, contribuindo para a conservação deste recurso natural (limitado), para a diminuição dos custos de manutenção dos espaços verdes, mantendo a qualidade paisagística dos mesmos. Avalia-se o desempenho dos sistemas de rega, na parcela, faz-se a sua caracterização e determinam-se os principais indicadores de desempenho.

## Material e Métodos

O presente trabalho foi desenvolvido nos espaços verdes da cidade de Mirandela (Latitude: 41°31'N; Longitude: 7°12' W; Altitude: 250 metros) que ocupam uma área útil de aproximadamente 12 ha. A selecção das zonas para a realização dos ensaios experimentais (Figura 1) teve em consideração as características das hidrozonas (Tabela 1) representativas dos espaços verdes da cidade de Mirandela. As hidrozonas seleccionadas encontram-se em espaços verdes estabelecidos.

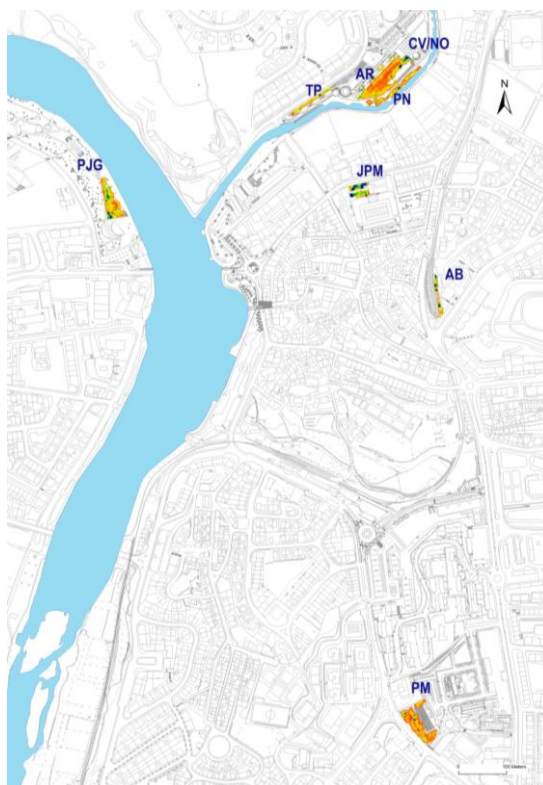


Figura 1. Localização das parcelas/hidrozonas, onde decorreu o trabalho experimental.

A avaliação dos sistemas de rega por aspersão dos locais em estudo, consistiu na recolha de informação em cada hidrozona sobre a pressão e caudal, velocidade do vento, inicial e final, e a realização de ensaios de uniformidade de distribuição da água de rega.

Tabela 1. Caracterização das hidrozonas, nomenclatura, localização geográfica e área

Parcela/Hidrozona	Simbologia	Nº Emissores	Área (m <sup>2</sup> )
Auditório/Biblioteca	AB	41	459,34
Talude Paliçada	TP	28	920,59
Aromáticas	AR	48	376,80
Prado Natural	PN	14	1495,70
Campo Voleibol/Nora	CV/NO	60	3436,60
Jardim Praça Mercado	JPM	19	874,78
Parque José Gama	PJG	7	2090,23
Piscina Municipal	PM	26	2219,49

A metodologia adoptada neste estudo baseou-se em Keller and Merriam (1978), Keller and Bliesner (1990), Pereira and Trout (1999) e Pereira (2004). Os ensaios de uniformidade foram realizados durante a manhã, quando a evaporação era menor, e os volumes dos colectores foram medidos imediatamente após o ensaio usando provetas graduadas (Fig. 2). A pressão dos aspersores e pulverizadores foi medida em cada sector de rega com um manómetro de glicerina graduado ligado a um tubo “Pitot” (modelo RBG- L 160). O caudal foi medido directamente no primeiro, último e aspersores intermédios.



Figura 2. Malha de pluviómetros para avaliação da uniformidade distribuição da rega.

Os solos das hidrozonas são de textura franca (hidrozona AR) e franco-arenosa (restantes hidrozonas). A capacidade utilizável de água varia entre os 119 mm/m (hidrozona TP) e os 38 mm/m (hidrozona AB).

A determinação da evapotranspiração de espaços verdes ( $ET_L$ ) foi realizada segundo a metodologia proposta por Costello et al. (2000).

Na determinação dos valores do coeficiente de espaços verdes ( $K_L$ ), foram considerados os coeficientes da vegetação ( $K_v$ ), os coeficientes de densidade ( $K_d$ ) que ajusta a  $ET$  estimada dependendo da densidade da vegetação e o coeficiente microclimático ( $K_m$ ). A atribuição do coeficiente de espaços verdes ( $K_L$ ) às várias hidrozonas baseou-se na avaliação das espécies plantadas, na densidade de vegetação e no microclima ou microclimas específicos de cada hidrozona.

## Resultados e Discussão

Na rega por aspersão a uniformidade depende essencialmente das variáveis de projecto nomeadamente da pressão de funcionamento, variação da pressão dentro do sistema, espaçamento entre os aspersores, dimensão do bico, forma de distribuição da água pelo aspersor e da velocidade do vento (Pereira et al.,

2002). Na Tabela 2 estão representados os valores da pressão e caudal medidos em cada uma das hidrozonas onde decorreram os ensaios de uniformidade.

**Tabela 2.** Velocidade do vento no início e fim do ensaio, caudal e pressão de funcionamento dos aspersores nas várias hidrozonas.

Hidrozona	Nº Emissores	U (ms <sup>-1</sup> )		Pressão (kPa)			Caudal (m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup> )		
		Inicial	Final	Med	Max	Min	Med	Max	Min
AB	41	0,60	1,80	246	290	200	0,37	0,44	0,26
TP	28	0,60	1,20	403	410	400	0,72	0,78	0,67
AR	48	0,50	0,70	481	495	450	0,40	0,62	0,20
PN	14	0,40	1,20	475	490	440	0,83	0,90	0,74
CV/NO	60	1,00	1,00	495	540	390	0,74	0,91	0,42
JPM	19	0,30	0,90	302	500	195	0,75	0,91	0,53
PJG	7	0,10	0,40	150	180	100	2,35	2,70	1,79
PM	26	0,30	0,90	182	200	100	0,76	1,06	0,40

Os valores dos vários indicadores de desempenho estão representados na Tabela 3. Relativamente à uniformidade de distribuição, UD, as hidrozonas AR e PM foram as que apresentaram o menor valor para esse indicador (15,55 e 15,59 % respectivamente) enquanto as hidrozonas TP e AB são as que apresentam o valor mais elevado (39,05 e 37,9 % respectivamente). O valor médio da UD para o conjunto das hidrozonas foi de 25,9%. Pitts et al. (1996) num estudo efectuado, na Califórnia, em vários espaços verdes, residenciais e públicos, obtiveram um valor médio de UD de 49% com 40% dos locais estudados a apresentarem valores de UD inferiores a 40%. Neste estudo, os menores valores de UD estão associados aos locais onde se verificou uma maior variação da pressão no sistema.

**Tabela 3.** Indicadores de desempenho para as várias hidrozonas

Hidrozona	UD (%)	CU (%)	UD <sub>sist</sub> (%)	CU <sub>sist</sub> (%)	EPQ <sub>min</sub> (%)	EP <sub>sist</sub> (%)	ER (kPa)	TMAQ <sub>min</sub> (mm/h)	Ia (mm/h)
AB	37,90	20,20	63,53	19,21	49,66	46	0,073	16,40	33,03
TP	39,05	56,92	68,23	56,82	48,85	49	0,005	10,72	21,94
AR	15,55	33,94	26,83	33,39	16,36	16	0,019	8,34	50,96
PN	30,33	49,74	52,23	48,81	78,59	77	0,021	6,11	7,77
CV/NO	28,14	46,31	46,87	43,71	54,00	51	0,061	6,98	12,92
JPM	19,41	40,63	31,11	36,65	25,67	20	0,202	4,18	16,29
PJG	20,75	63,82	33,46	57,97	34,71	31	0,107	2,73	7,87
PM	15,79	39,41	24,56	34,31	18,18	16	0,110	1,62	8,90

O coeficiente de uniformidade apresenta, em regra, valores superiores aos de UD pelo facto de a sua determinação se basear nos desvios inferiores e superiores relativamente à média. Neste estudo, os menores valores foram registados na hidrozona AB e AR com valores de 20,2 e 33,94 % respectivamente e os valores superiores nas hidrozonas PJG e TP com coeficientes de uniformidade de 63, 82 e 56,92 % respectivamente. A média do coeficiente de uniformidade considerando o conjunto das hidrozonas foi de 43,87 %. As hidrozonas regadas com aspersores rotativos registaram uma maior uniformidade de distribuição do que as regadas com pulverizadores fixos. Estes resultados confirmam os obtidos por outros autores em estudos idênticos (Baum et al., 2005; Pitts et al., 1996).

Os valores do coeficiente de espaços verdes ( $K_L$ ), dos coeficientes de vegetação ( $K_v$ ), densidade ( $K_d$ ) e microclimático ( $K_{mc}$ ), para as diferentes hidrozonas (Tabela 4) reflectem a diversidade de vegetação, densidade e microclimas existentes nos espaços verdes da cidade. O coeficiente de espaços verdes varia entre o valor mínimo de 0,32 (hidrozona PM) e o máximo de 0,66 (hidrozona AB).

Os valores médios da evapotranspiração de espaços verdes ( $ET_L$ ) referentes às hidrozonas estudadas (Tabela 5) atingem os valores máximos no mês de Julho sendo a hidrozona AB a que apresenta o valor mais elevado com 4,1 mm dia<sup>-1</sup>. O valor médio para o conjunto das hidrozonas é de 3,0 mm dia<sup>-1</sup>.

**Tabela 4** Coeficientes de vegetação ( $K_v$ ), densidade ( $K_d$ ), microclimático ( $K_{mc}$ ) e coeficiente de espaços verdes ( $K_L$ ) em cada hidrozona.

Hidrozona	$K_v$ (0,1 - 0,9)	$K_d$ (0,5 - 1,3)	$K_{mc}$ (0,5 - 1,4)	$K_L$ (ad)
AB	0,6	1,1	1,0	0,66
AR	0,4	1,0	1,2	0,48
CV/NO	0,6	0,6	1,3	0,47
JPM	0,6	0,7	1,3	0,54
PJG	0,6	0,7	1,0	0,42
PM	0,6	0,9	0,6	0,32
PN	0,7	1,2	0,5	0,42
TP	0,8	0,7	1,1	0,62

**Tabela 5** Evapotranspiração mensal dos espaços verdes ( $ET_L$  mm dia<sup>-1</sup>) para cada hidrozona

Hidrozona	$ET_L$											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
AB	0,39	0,67	1,30	1,87	2,54	3,39	4,10	3,68	2,51	1,29	0,61	0,40
AR	0,28	0,49	0,95	1,36	1,85	2,46	2,95	2,67	1,83	0,94	0,44	0,29
CV/NO	0,28	0,48	0,92	1,33	1,80	2,40	2,87	2,61	1,78	0,91	0,43	0,28
JPM	0,32	0,56	1,08	1,55	2,10	2,80	3,35	3,04	2,08	1,06	0,50	0,33
PJG	0,25	0,43	0,83	1,19	1,62	2,15	2,58	2,34	1,60	0,82	0,39	0,25
PM	0,19	0,33	0,64	0,92	1,25	1,66	1,99	1,80	1,23	0,63	0,30	0,19
PN	0,25	0,43	0,83	1,19	1,62	2,15	2,58	2,34	1,60	0,82	0,39	0,25
TP	0,36	0,63	1,21	1,75	2,37	3,16	3,78	3,43	2,35	1,20	0,57	0,37

Os resultados da simulação das necessidades líquidas de rega mensais, para um ano médio, considerando o critério de regar em intervalos fixos por fase de desenvolvimento, com intervalo de rega de dois dias na fase inicial (1 Abril a 15 de Maio) e final (1 a 31 Outubro) e diariamente nas fases intermédias, estão representados na Tabela 6.

**Tabela 6.** Necessidade líquida de rega (NLR) mensal e total anual (mm) para um ano médio, em cada hidrozona, no período Abril-Outubro

Hidrozona	NLR (mm)							
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Total
AB	56,5	79,1	102,0	125,0	114,4	77,0	31,4	585,4
AR	40,5	58,4	75,0	93,0	84,5	57,0	23,0	431,4
CV/NO	40,5	56,5	73,0	89,9	81,4	54,0	22,3	417,6
JPM	46,5	65,3	84,0	102,3	93,8	63,0	25,8	480,7
PJG	36,0	50,3	66,0	80,6	73,2	49,0	20,3	375,4
PM	27,0	38,7	50,0	62,0	56,7	39,0	15,3	288,7
PN	36,0	50,3	66,0	80,6	73,2	49,0	20,3	375,4
TP	53,0	75,7	96,0	117,8	108,2	72,0	29,4	552,1

As maiores necessidades de rega verificam-se no mês de Julho. Neste mês as hidrozonas AB e TP são as que apresentam maiores necessidades de rega com 114,4 e 108,8 mm, respectivamente. As hidrozonas PM, PJG e PN são as que têm menores necessidades no mês de Julho (66 e 80,6 mm, respectivamente).

## Conclusões

Os resultados obtidos neste trabalho permitiram constatar que na generalidade dos espaços verdes regados da cidade de Mirandela a uniformidade de distribuição de água é muito baixa limitando desta forma a eficiência de rega. A deficiente uniformidade de distribuição deve-se à elevada variação da

pressão de funcionamento nos sistemas, aos desadequados espaçamentos entre os emissores, à heterogeneidade do tipo de aspersores, sistema de bombagem com funcionamento deficiente. A intervenção nos sistemas de rega a estes níveis contribuirá decisivamente para o incremento da uniformidade de distribuição de água e conseqüentemente uma melhoria da eficiência de rega.

Os sistemas de gestão centralizada da rega em espaços verdes são uma ferramenta essencial na gestão da rega. Este trabalho contribuirá para uma melhor gestão do sistema de rega centralizado da câmara de Mirandela, permitindo ajustar as necessidades de rega às características específicas das hidrozonas, por via da inclusão dos coeficientes de espaços verdes na determinação das necessidades de rega.

### Agradecimentos

Os autores agradecem à Câmara Municipal de Mirandela, na pessoa do seu Presidente, José Maria Lopes Silvano, pela disponibilidade de meios materiais e espaço físico para a realização deste trabalho.

### Bibliografia

- Allen, R. G., Wright, J. L., Pruitt, W. O., Pereira, L. S., and Jensen, M. E. (2007). Water Requirements. *In* "Design and Operation of Farm Irrigation Systems" (G. J. Hoffman, R. G. Evans, M. E. Jensen, D. L. Martin and R. L. Elliot, eds.), pp. 208-288. ASABE, St. Joseph.
- Baum, M. C., Dukes, M. D., and Miller, G. L. (2005). Analysis of residential irrigation distribution uniformity. *Irrig. Drain. Eng.* **131**, 336-341.
- Costello, L. R., Matheny, N. P., and Clark, J. R. (2000). "A Guide to Estimating Irrigation Water Needs of Landscape Plantings in California. The Landscape Coefficient Method and WUCOLS III," University of California Cooperative Extension. California. Department of Water Resources.
- Keller, J., and Bliesner, R. D. (1990). "Sprinkler and Trickle Irrigation," Van Nostrand Reinhold, New York.
- Keller, J., and Merriam, J. L. (1978). "Farm Irrigation System Evaluation: A guide for management " Dept. Agricultural and Irrigation Engineering. Utah St. University, Logan.
- Pereira, L. S. (2004). "Necessidades de Água e Métodos de Rega," Publicações Europa-América, Lisboa.
- Pereira, L. S. (2008). Necessidades de água das culturas: evapotranspiração de referência, coeficientes de cultivo e balanço hídrico. *In* "Jornadas sobre "Ambiente y Riegos: Modernización y Ambientalidad", pp. 3-23. Red Riegos, CYTED y AECID, La Antigua (Guatemala).
- Pereira, L. S., Cordery, I., and Iacovides, I. (2002). "Coping with Water Scarcity," UNESCO IHP VI, Paris.
- Pereira, L. S., and Trout, T. J. (1999). Irrigation Methods. *In* "CIGR Handbook of Agricultural Engineering" (H. N. van Lier, L. S. Prereira and F. R. Steiner, eds.), Vol. 1. ASAE, St. Joseph, MI.
- Pitts, D., Peterson, K., Gilbert, G., and Fastenau, R. (1996). Field assessment of irrigation system performance. *Applied Engineering in Agriculture* **12**, 307-313.
- Snyder, R. L., and Echings, S. (2005). Urban Landscape Evapotranspiration. *In* "California State Water Plan", Vol. 4, pp. 691-693, Sacramento, CA.