

# Jornadas Técnicas da Hidroenergia **2019**

Régua, 23 e 24 de maio

## *REGIME DE CAUDAIS ECOLÓGICOS EM PORTUGAL: ENQUADRAMENTO E CASOS DE PRÁTICOS*

Paulo Pinheiro



ASSOCIAÇÃO  
PORTUGUESA DOS  
RECURSOS HÍDRICOS

# Introdução

- A construção de Aproveitamentos Hidráulicos têm vindo a gerar alterações hidromorfológicas significativas nos ecossistemas fluviais, desvirtuando o regime natural de caudais.
- Com a disseminação das infraestruturas hidráulicas transversais começaram a surgir as preocupações com os seus impactes sobre os ecossistemas, tendo começado a ser implementadas medidas de mitigação específicas, nomeadamente os Regime de Caudais Ecológicos (RCE).
- RCE podem ser definidos como o caudal mínimo a libertar no curso de água, a jusante de um aproveitamento hidráulico, que permita assegurar a conservação e proteção dos ecossistemas aquáticos.
- Na legislação portuguesa o enquadramento legal dos RCE têm vindo a sofrer alterações, transitando de uma situação em que tal medida de mitigação era referida de forma implícita, para a sua consagração explícita nos documentos mais recentes.

# Objectivos

**Jornadas Técnicas  
da Hidroenergia 2019**  
Régua, 23 e 24 de maio

- Efetuar um enquadramento sobre os métodos de determinação de RCE a nível mundial, destacando os historicamente aplicados em Portugal.
- Exemplos de casos de estudo em alguns rios portugueses.
- Apresentação de uma metodologia holística para estabelecimento de RCE em rios Ibéricos, que possibilita a concertação dos resultados obtidos por diferentes métodos.
- Indicar possíveis cenários futuros associados à temática dos RCE.

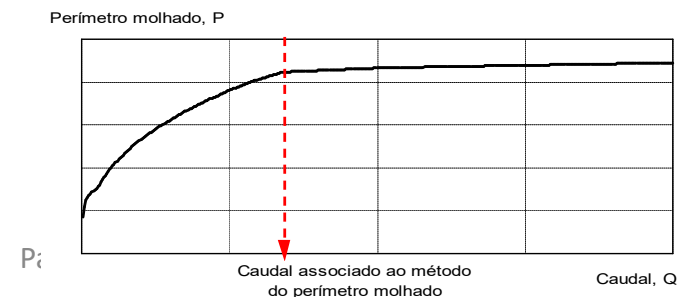


# Métodos de determinação de RCE (1)

- **MÉTODOS HIDROLÓGICOS** – baseados em registos de caudais naturais, assumindo uma relação entre determinados valores de caudal e parâmetros biológicos indicadores, expressos geralmente como uma percentagem dos valores de caudal natural.  
Exemplos: Método do Caudal Base, Tennant e o designado por Método INAG.

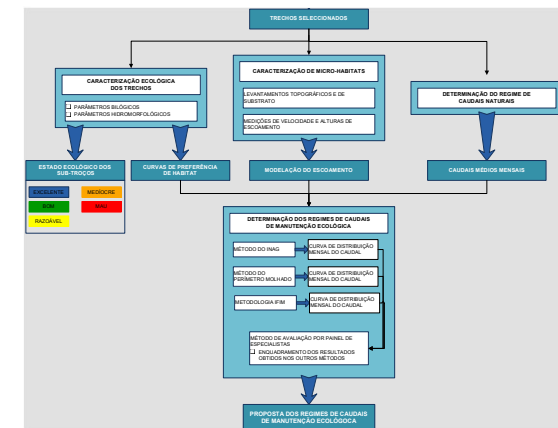
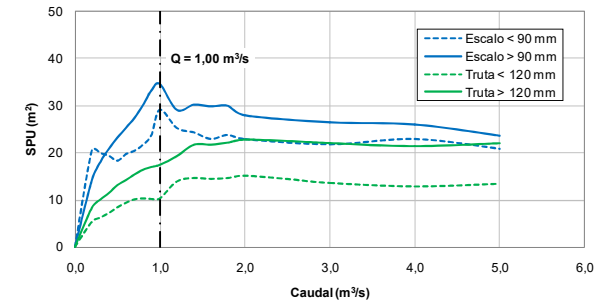
Método do INAG (Região Norte)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Médio
	Q <sub>75</sub>	Q <sub>75</sub>	Q <sub>75</sub>	Q <sub>75</sub>	Q <sub>75</sub>	Q <sub>90</sub>	Q <sub>90</sub>	Q <sub>90</sub>	Q <sub>90</sub>	Q <sub>90</sub>	Q <sub>75</sub>	Q <sub>75</sub>	Q <sub>75</sub>
	3.3	8.4	14.2	21.6	14.2	14.0	12.5	10.2	5.7	3.6	1.8	1.7	

- **MÉTODOS HIDRÁULICOS** - baseados na variação de parâmetros hidráulicos (e.g., profundidade, perímetro molhado), comumente medidos em secções transversais, em função do caudal. Estes parâmetros são utilizados como substitutos de fatores de habitat limitantes para as comunidades bióticas.  
Exemplos: Método do Perímetro Molhado.



# Métodos de determinação de RCE (2)

- MÉTODOS ECO-HIDRÁULICOS** - baseados no princípio de que a distribuição dos elementos biológicos é determinada pelas características hidráulicas, estruturais e morfológicas dos rios.  
Exemplo: Método IFIM
- MÉTODOS HOLÍSTICOS** - pretendem abarcar todo o ecossistema, utilizando como pontos de partida os resultados obtidos através de alguns dos diferentes métodos que são posteriormente contrastados, de forma a possibilitar adequar os valores de caudal obtidos às condicionantes específicas dos locais e às comunidades biológicas efetivamente presentes.  
Exemplos: Painel de Especialistas, Método dos Blocos.



# Situação em Portugal

- Inicialmente estabelecidos como uma percentagem constante (5-10%) do caudal modular;
- Métodos hidrológicos (e.g., Método do INAG);
- Métodos hidráulicos (e.g., Método do Perímetro Molhado; Hidráulico-Hidrológico);
- Métodos eco-hidráulicos (e.g., IFIM - *Instream Flow Incremental Methodology*).



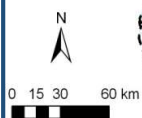
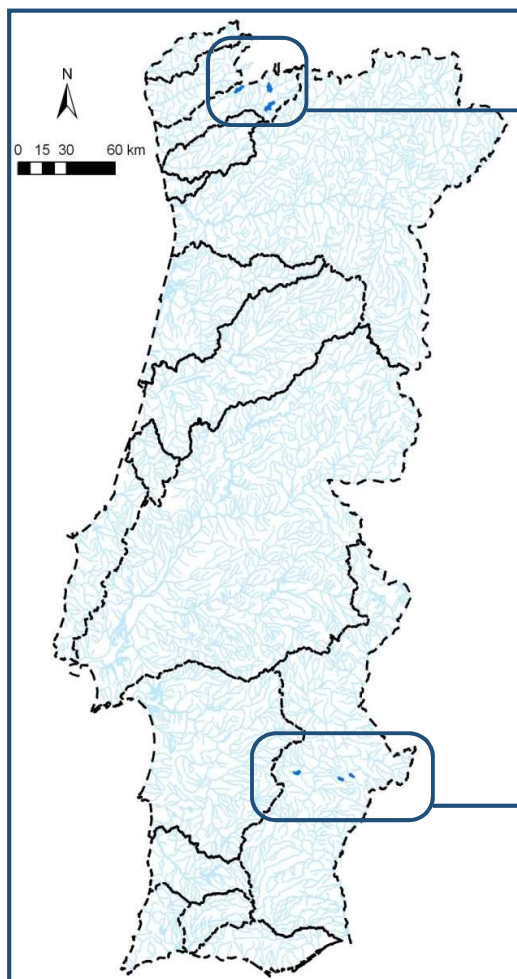
Valores de caudal ecológico muito díspares, nem sempre sendo óbvio que exista um regime que claramente permita melhor garantir as condições ecológicas que se pretendem alcançar



# Casos de Estudo

Jornadas Técnicas  
da Hidroenergia **2019**

Régua, 23 e 24 de maio



Bacia de Drenagem: 70 e 360 km<sup>2</sup>.

Rios permanentes com caudal médio anual entre 47 e 98 hm<sup>3</sup>.

Presença constante de peixes (incluindo um *taxon* salmonídeo intolerante, a truta-de-rio).



Bacia de Drenagem: 30 e 40 km<sup>2</sup>

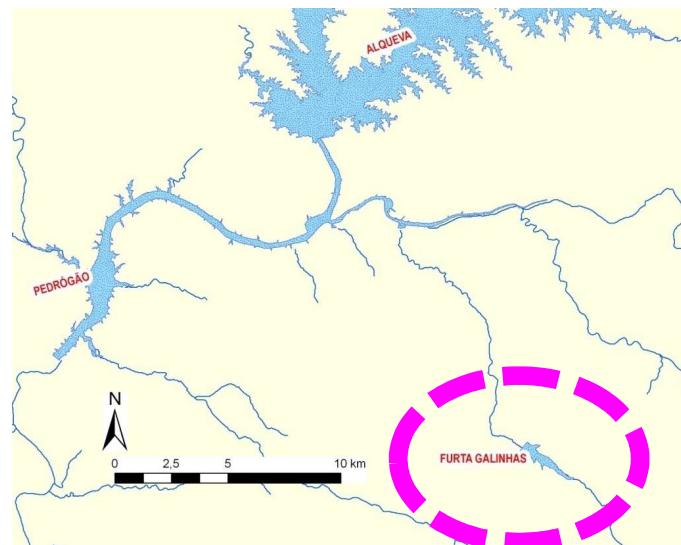
Rios temporários com caudal médio anual entre 3,2 e 4,5 hm<sup>3</sup>.

Presença ocasional de peixes, com comunidades compostas sobretudo por exemplares de pequeno porte e tolerantes.

## Caso de Estudo: Bacia Guadiana (1)

**Jornadas Técnicas  
da Hidroenergía 2019**  
Régua, 23 e 24 de maio

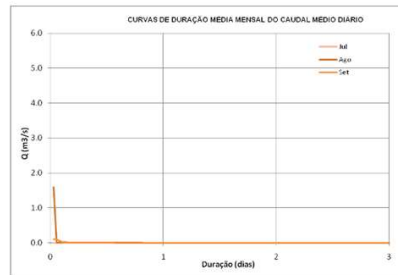
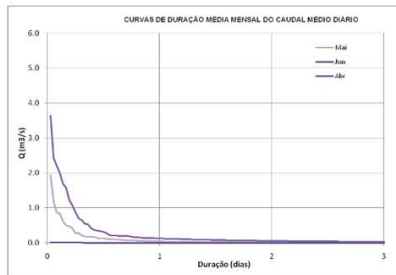
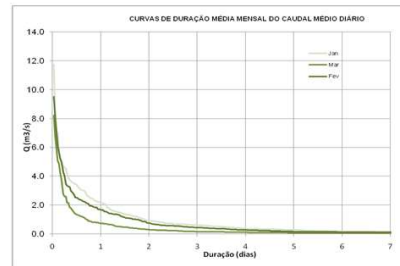
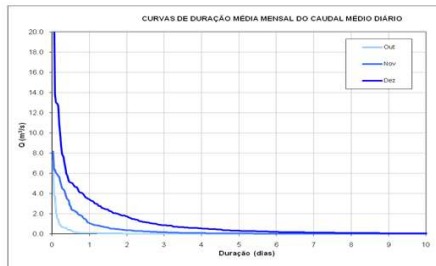
- Barragens localizadas em sectores cuja bacia de drenagem é muito reduzida.
- Em cursos de água característicos da região sul de Portugal, cujo regime hidrológico é muito variável.
- Numa fração maioritária do ano apresenta fortes limitações habitacionais para organismos, em resultado do reduzido volume de habitat aquático disponível;
- A presença piscícola neste tipo de linha de água é temporalmente dinâmica, não só ao longo do ano, mas também entre anos com características hidrológicas distintas.
- Método INAG, Perímetro Molhado, Método Hidrológico-Hidráulico.





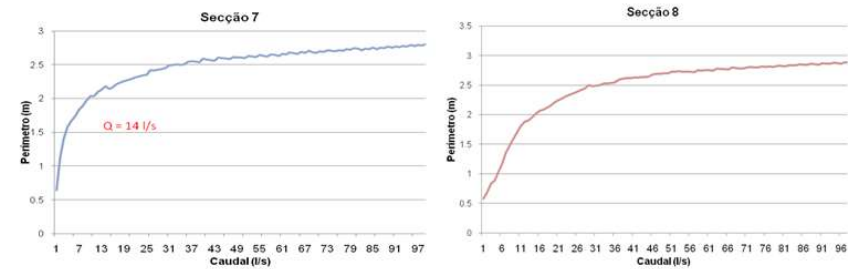
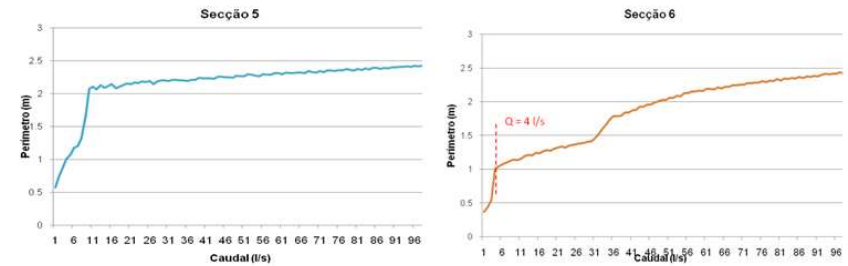
## Método INAG

$q_{\alpha}$ (l/s)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
$q_{25}$	0	11	102	108	108	45	11	0	0	0	0	0
$q_{50}$	0	0	6	23	34	11	6	0	0	0	0	0
$q_{75}$	0	0	0	6	6	0	0	0	0	0	0	0
$q_{90}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$q_{med}$	29	148	410	250	228	112	31	11	0	0	2	0



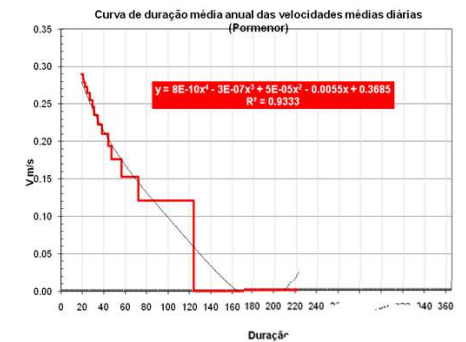
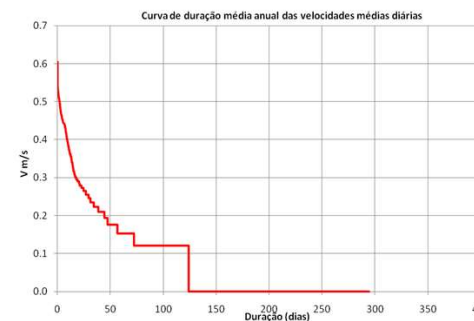
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
$Q_{ecol}$ (l/s)	1	5	12	12	13	7	2	1	0	0	0	0

## Método Perímetro Molhado



Caudal ecológico	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
(l/s)	2	12	34	21	19	9	3	1	0	0	0	0

## Método Hidrológico-Hidráulico

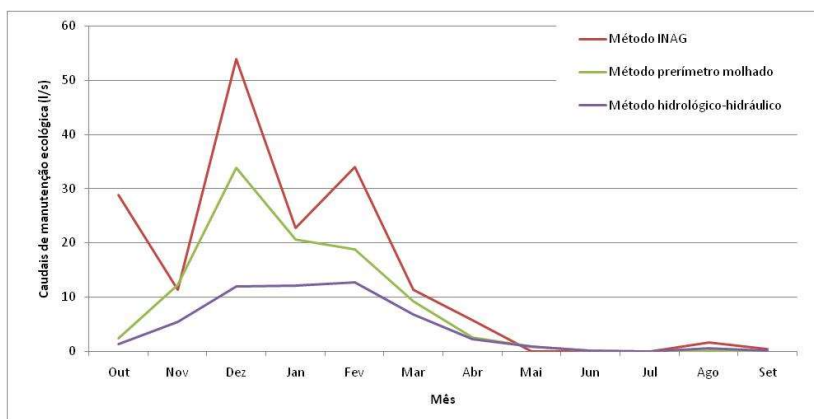


a) Curva total

b) Pormenorização da curva para os caudais mais baixos

## Caso de Estudo: Bacia Guadiana (2)

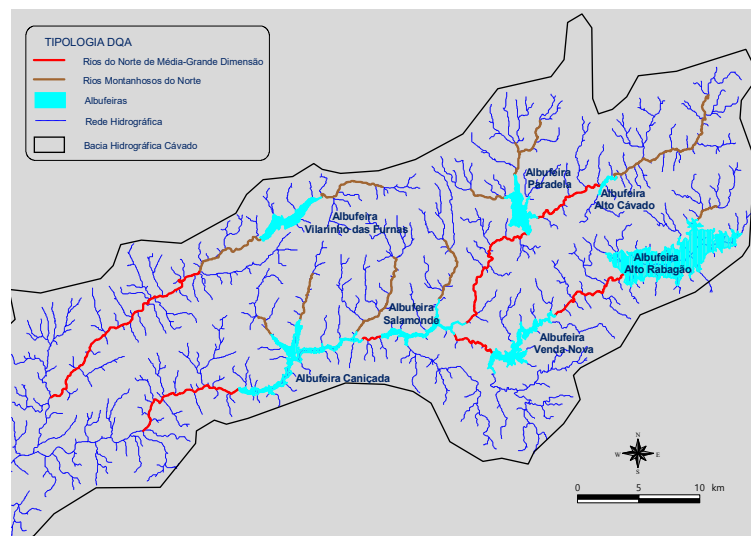
- Método do INAG e Perímetro Molhado com resultados similares;
- Método Hidrológico-Hidráulico apresenta valores muito baixos;
- Avaliação pelo Painel de Especialistas;
- Regime proposto estabelecido em função da especificidade da região, particularmente do tipo de ano hidrológico (médio, seco e húmido).



Q (l/s)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Método INAG	29	11	54	23	34	11	6	0	0	0	2	0
Método do perímetro molhado	2	12	34	21	19	9	3	1	0	0	0	0
Método hidrológico-hidráulico	1	5	12	12	13	7	2	1	0	0	0	0
Avaliação por Painel de Especialistas	11	11	54	23	34	11	6	4	0	0	0	0

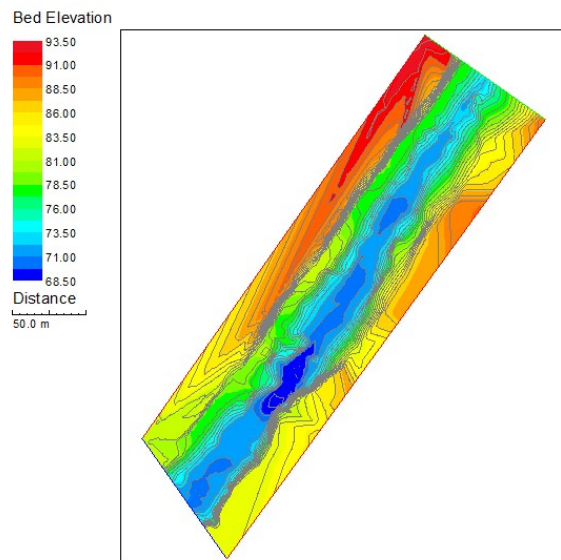
## Caso de Estudo: Bacia Cávado (1)

- Barragens localizadas em cursos de água permanentes.
- Objetivo de estabelecer um valor equilibrado, consensual e ecologicamente fundamentado para a manutenção das principais valências ambientais (Potencial Ecológico – *sensu* DQA – Bom ou superior) dos troços.
- Determinação do RCE através das metodologias de mais ampla aplicação em Portugal: Método INAG, Perímetro Molhado e IFIM.
- Avaliação pelo Painel de Especialistas.

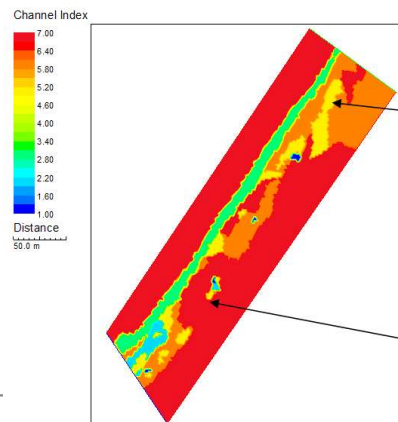
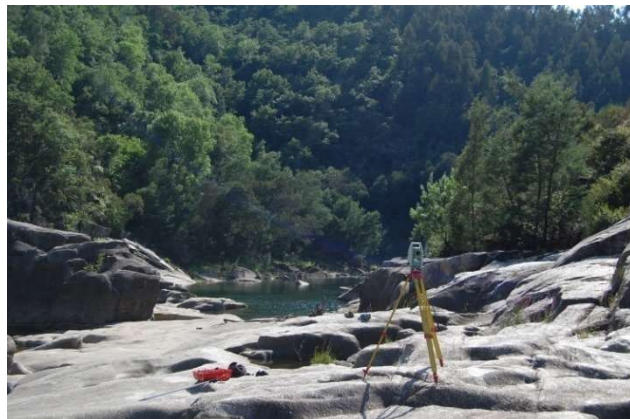
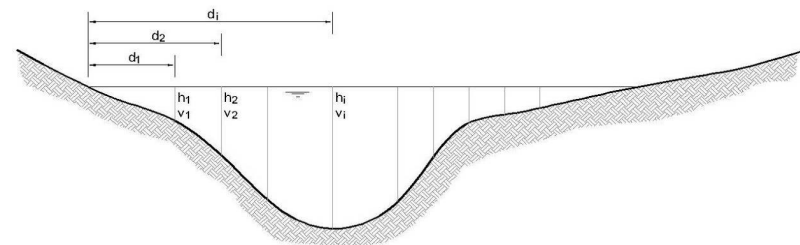


# Casos de Estudo

## CARACTERIZAÇÃO TOPOGRÁFICA



## MEDIÇÃO DO CAUDAL

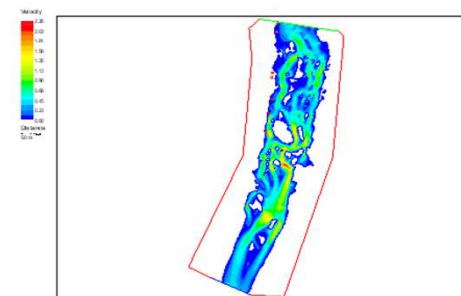
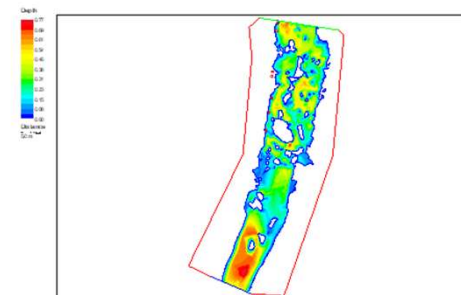


## CARACTERIZAÇÃO SUBSTRATO

# Casos de Estudo

## Jornadas Técnicas da Hidroenergia 2019

Régua, 23 e 24 de maio

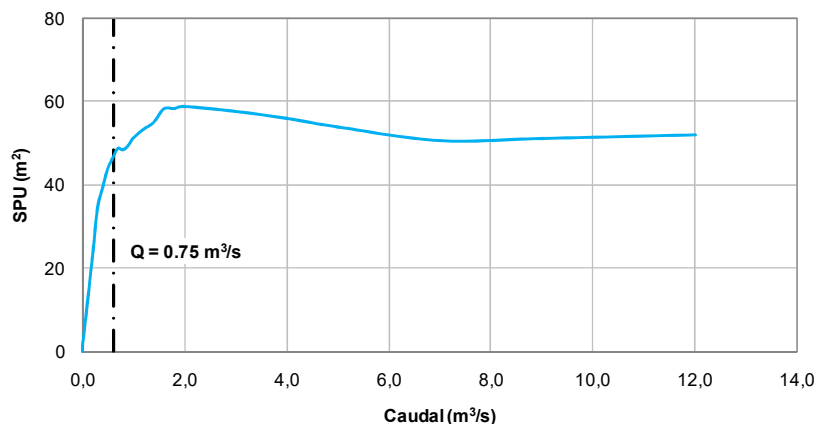


## Método INAG

Caudal ecológico	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Médio
$Q_{PM}$ (m <sup>3</sup> /s)	1,38	3,02	5,32	7,11	8,90	8,68	6,97	5,02	2,42	1,04	0,37	1,35	<b>4,27</b>

## Método Perímetro Molhado

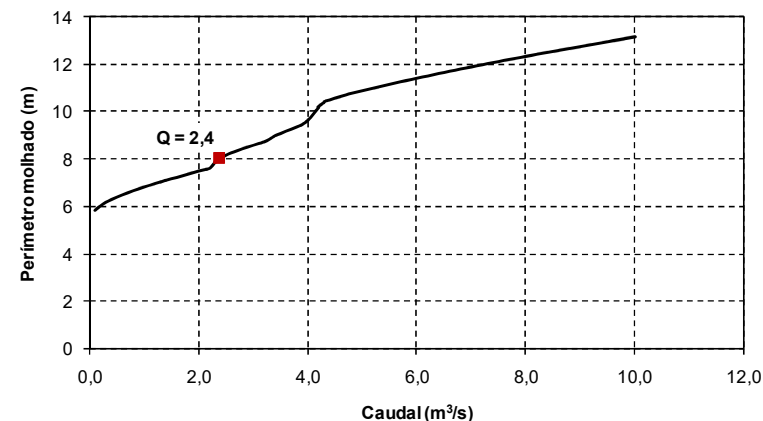
Caudal ecológico	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Médio
$Q_{PM}$ (m <sup>3</sup> /s)	1,31	2,16	4,36	5,37	4,83	3,72	2,71	2,24	1,16	0,49	0,23	0,31	<b>2,40</b>



Caudal ecológico	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Médio
$Q_{PM}$ (m <sup>3</sup> /s)	0,91	1,50	3,03	3,73	3,35	2,58	1,88	1,56	0,80	0,37	0,37	0,37	<b>1,70</b>

## Jornadas Técnicas da Hidroenergia 2019

Régua, 23 e 24 de maio



## Método IFIM

Caudal ecológico	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Médio
$Q_{PM}$ (m <sup>3</sup> /s)	0,85	1,40	2,83	3,48	3,13	2,41	1,76	1,45	0,75	0,32	0,15	0,20	<b>1,55</b>

## Método Painel de Especialistas

## Caso de Estudo: Bacia Cávado (3)

- De forma genérica existe um decréscimo de valores pela seguinte ordem: Método do INAG, Método do Perímetro Molhado, Painel de Especialista e IFIM.
- Em virtude da presença de espécies ciprinícola potamódromas, o especialista em fauna piscícola referiu a necessidade de libertação de um caudal de chamada durante o período reprodutivo (março a maio) deste grupo ictiofaunístico.
- A adoção do regime de caudais ecológicos de ano seco é decidida no final do mês de março e, verifica se sempre que a precipitação acumulada até esse mês for inferior a um determinado valor (843 mm neste caso em concreto).

Q (m <sup>3</sup> /s)	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Médio
Método INAG	1,38	3,02	5,32	7,11	8,90	8,68	6,97	5,02	2,42	1,04	0,37	1,35	4,27
Método do perímetro molhado	1,31	2,16	4,36	5,37	4,83	3,72	2,71	2,24	1,16	0,49	0,23	0,31	2,40
Método IFIM	0,85	1,40	2,83	3,48	3,13	2,41	1,76	1,45	0,75	0,32	0,15	0,20	1,55
Avaliação por Painel de Especialistas	0,91	1,50	3,03	3,73	3,35	2,58	1,88	1,56	0,80	0,37	0,37	0,37	1,70
Valor proposto (ano médio)	0,91	1,29	2,82	3,51	3,35	2,80	2,10	1,77	0,80	0,37	0,37	0,37	1,70
Valor proposto (ano seco)	0,58	0,82	1,80	2,25	2,14	1,79	1,34	1,13	0,51	0,24	0,24	0,24	1,09

# Metodologia holística (1)

- Método ponderativo adaptado do Painel de Peritos de forma a ajustar-se às condições mediterrânicas.
- Pressuposto: a sobrevivência e abundância das espécies em avaliação constituem um fiel indicador do estado do ecossistema;
- Interpretação ecológica tendo por base um painel de peritos em várias comunidades biológicas (e.g., ictiofauna, macroinvertebrados, macrófitos), geomorfologia e gestão dos ecossistemas dulçaquícolas.
- Comparação, *in situ*, com uma régua graduada dos caudais obtidos para várias metodologias, para cada um das comunidades biológicas/descriptores.
- Discussão pericial com os vários peritos para seleção dos regimes de caudais que maximiza as necessidades das várias especialidade face às especificidades dos troços e comunidades biológicas efetivamente presentes.



# Metodologia holística (2)

- Metodologia que permita englobar os resultados obtidos pelos diversos métodos de cálculo, de modo a estabelecer o RCE que melhor responda aos requisitos ecológicos de comunidades/espécies chave, e que simultaneamente assegure a manutenção da geomorfologia do troço fluvial

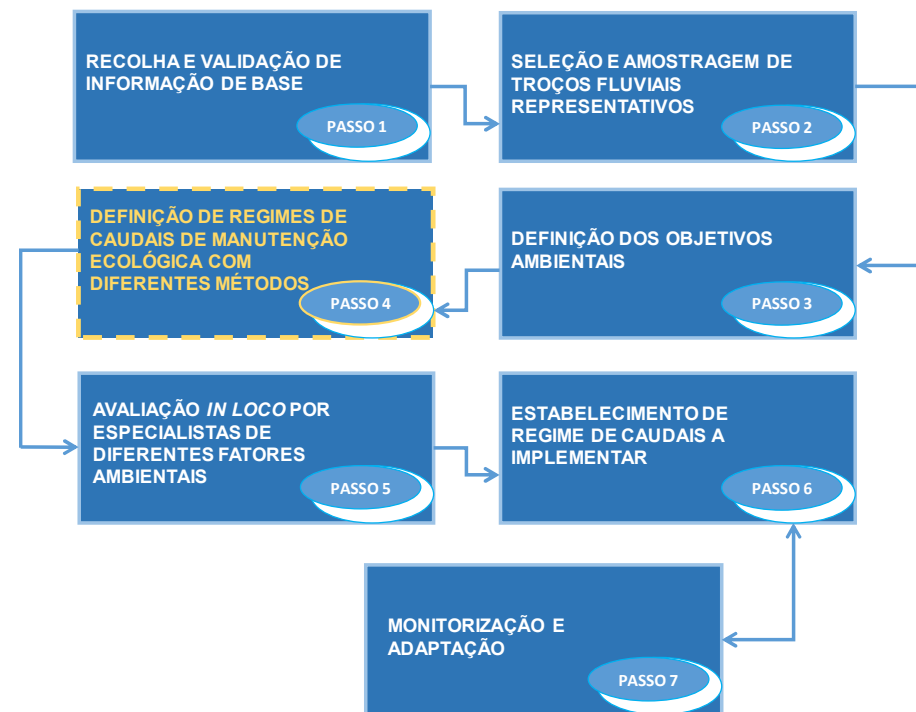
Environ. Process. (2014) 1:137–147  
DOI 10.1007/s40710-014-0012-z

ORIGINAL ARTICLE

## Integrated Procedure for Environmental Flow Assessment in Rivers

Francisco Godinho · Sérgio Costa · Paulo Pinheiro ·  
Filipa Reis · António Pinheiro

Received: 15 November 2013 / Accepted: 21 January 2014 / Published online: 24 April 2014  
© Springer International Publishing Switzerland 2014



# Síntese



**Jornadas Técnicas  
da Hidroenergia 2019**  
Régua, 23 e 24 de maio

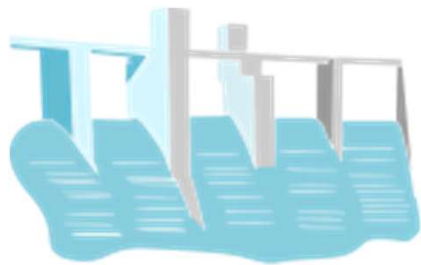
- Presentemente existem um número considerável de métodos para determinação de RCE, com distintos objetivos, princípios orientadores, níveis de exigência, não existindo nenhum que seja adequado à generalidade das situações
- A abordagem holística desenvolvida constitui uma metodologia pioneira no estabelecimento de RCE em rios de cariz mediterrânico
- É uma proposta de RCE que congrega, de modo transversal, as componentes hidráulicas, ecológicas e hidromorfológicas, contornando as principais contradições encontradas nos valores obtidos pelos RCE decorrentes de cada método *per si*.
- A metodologia holística decorre dos pressupostas da DQA ao definir objetivos ambientais a atingir, adequando a cada trecho fluvial o RCE que possibilite a permanência dos valores biológicos, e, em simultâneo, evitando perdas de água desnecessárias, que inviabilizem o aproveitamento hídrico.
- Considera igualmente a avaliação da eficácia do RCE, através da implementação de um Programa de Monitorização.

# Perspetivas Futuras



**Jornadas Técnicas  
da Hidroenergia 2019**  
Régua, 23 e 24 de maio

- A crescente sensibilização da sociedade para as consequências da degradação dos recursos hídricos e das problemáticas ambientais contribuiu , de forma significativa , para que a temática do RCE tenha vindo a granjear relevância.
- O Plano Nacional da Água refere a necessidade criar um Plano Específico de Gestão da Água, correspondendo à “...reconstituição da continuidade fluvial, restauração da vegetação ripária e revisão do regime de caudais ecológicos”.
- Os RCE terão de ser considerados em novas infraestruturas, sendo progressivamente incorporados nas renovações dos Contratos de Concessão / Títulos de Utilização vigentes.
- A legislação associada ao Regime de Utilização dos Recursos Hídricos (Decreto-Lei nº. 226-A/2007) considera a hipótese de revisão (artigo 28º) durante a vigência do Contrato de Concessão / Títulos de Utilização se: i.) não foram alcançados os objetivos de qualidade; e ii) seja necessário a adequação aos Instrumentos de Gestão Territorial e aos Planos de Gestão de Região Hidrográfica.



# Jornadas Técnicas da Hidroenergia 2019

Régua, 23 e 24 de maio

**Obrigado !**

Paulo Pinheiro, [ppinheiro@aqualogus.pt](mailto:ppinheiro@aqualogus.pt)

**AQUALOGUS, Engenharia e Ambiente, Lda.**



ASSOCIAÇÃO  
PORTUGUESA DOS  
RECURSOS HÍDRICOS