ESTIMATIVA DA RECARGA NATURAL NO SISTEMA AQUÍFERO DE QUERENÇA-SILVES (ALGARVE) PELA APLICAÇÃO DO MODELO BALSEQ_MOD

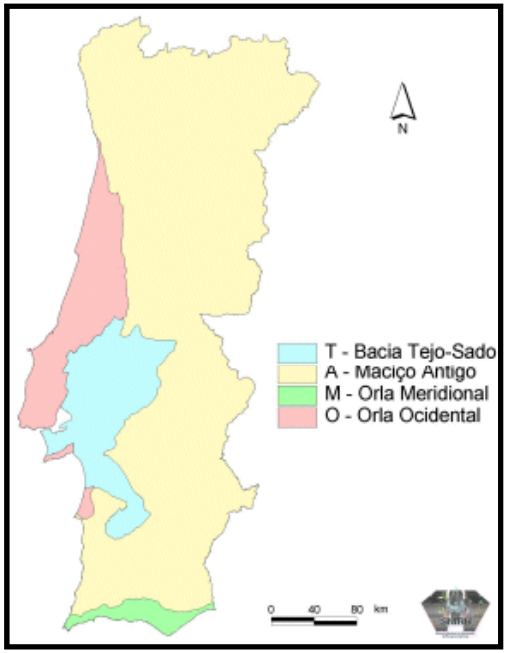
Manuel Mendes Oliveira

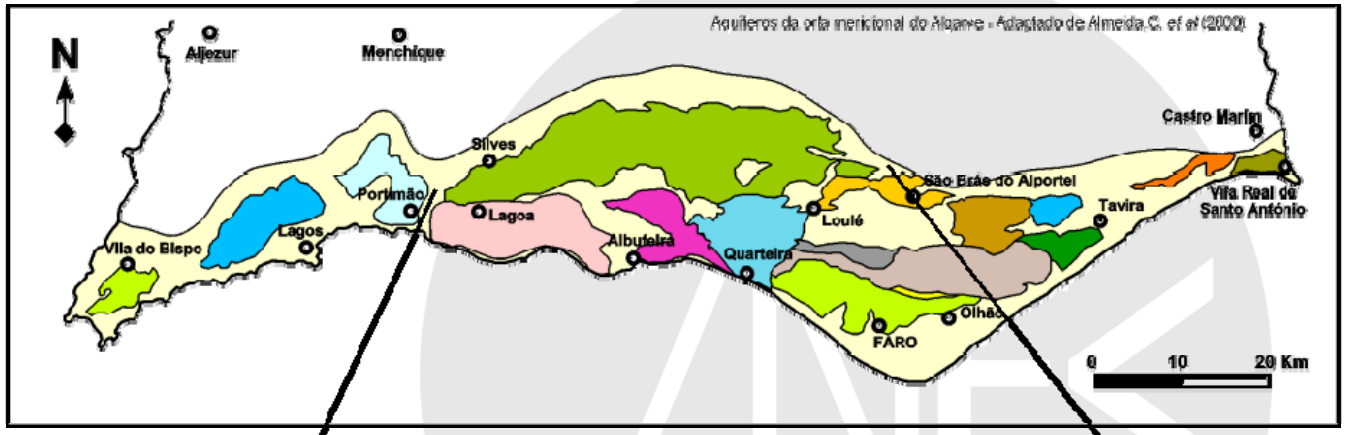
Luís Oliveira

J. P. Lobo Ferreira

Núcleo de Águas Subterrâneas
Laboratório Nacional de Engenharia Civil,
Av. do Brasil, 101, 1700-066 Lisboa, Portugal
Tel: (+351) 21 844 3436, Fax: (+351) 21 844 3016
Email: moliveira@lnec.pt

Sistema aquífero Querença - Silves





(adaptado de Monteiro et al., 2007)

Sistema aquífero Querença - Silves

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

(Almeida et al., 2000)

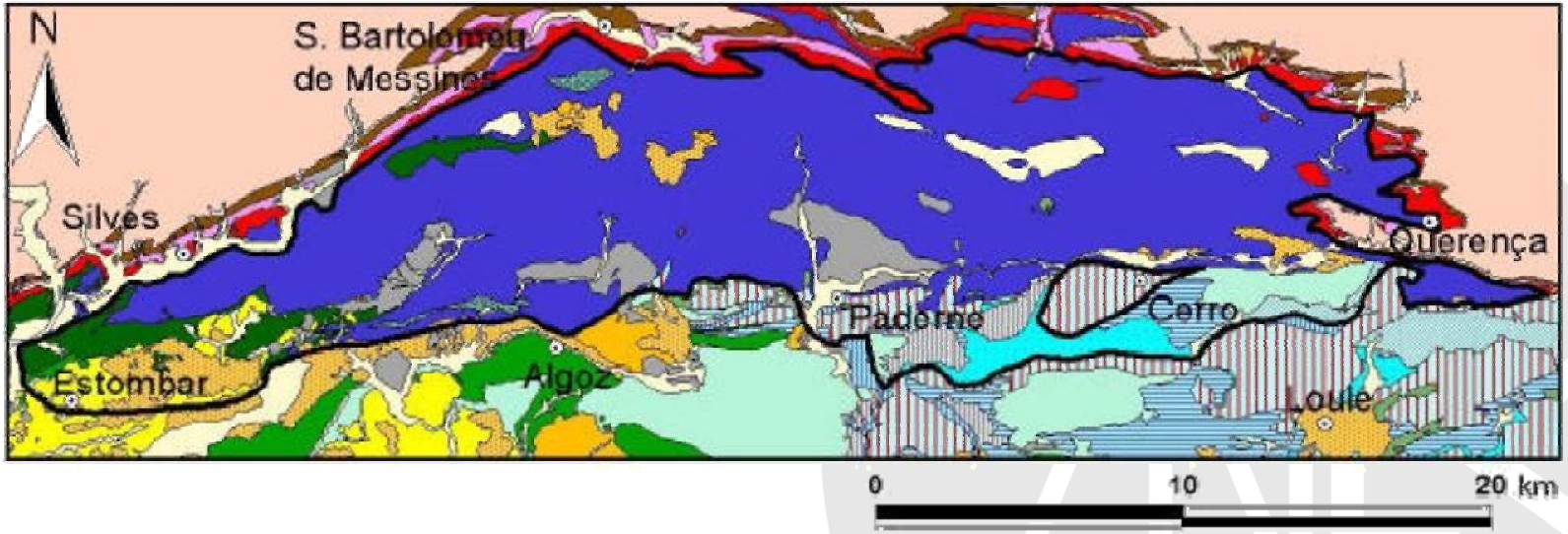
- Localidades
- Sistema aquífero Querença-Silves

- Aluviões (Recente)
- Cascalheiras, terraços e tufos calcários (Recente)
- Areias e Cascalheiras de Faro-Quarteira (Quaternário)
- Conglomerados de Galvanas e Siltes glauconíticos da Campina de Faro (Miocénico)
- Arenitos calcários e calcários com seixos (Miocénico)
- Conglomerados e Argilas da Guia (Oligocénico)
- Formações calco-margosas e detríticas (Cretácico)
- Calcários de Escarpão e Calcários com Anchispirocyclina lusitanica (Jurássico sup.)
- Dolomitos e Calcários Dolomíticos de Sta Bárbara de Nexe (Jurássico sup.)
- Calcários bioconstruídos de Cerro da Cabeça (Jurássico sup.)
- Calcários com nódulos de sílex de Jordana (Jurássico sup.)
- Arenitos e conglomerados do Mº Cotovio (Jurássico sup.)
- Calcários argilosos e margas de Peral (Jurássico sup.)
- Calcários de S. Romão (Jurássico sup.)
- Calcários e Margas de Telheiro (Jurássico médio)
- Calcários e Dolomitos de Almádena (Jurássico médio)
- Conglomerados de Odeáxere-Calcários de Vale de Lamas (Jurássico médio)
- Formação de Picavessa (Calcários de Alte) (Jurássico inf.)
- Complexo Vulcano-Sedimentar (Jurássico inf.)
- Pelitos, Calcários e Evaporitos de Silves (Triásico-Jurássico inf.)
- Arenitos de Silves (Triásico)
- Grupo do Flysh do Baixo Alentejo (Carbónico)
- Rochas eruptivas

Sentidos de escoamento

(CVRM, 2007)

Sistema aquífero Querença - Silves



Características gerais	Maioritariamente Cársico; livre a confinado
Área	318 km^2
Produtividade média	12,2 l/s
Transmissividade	De 83 a 3000 m^2/dia
Recarga anual	70 a 183 hm^3
Coeficiente de armazenamento	De $5*10^{-3}$ a $3*10^{-2}$

BALSEQ_MOD

BALSEQ_MOD = **bal**anço hídrico **seq**uencial diário: **mod**elos

- Programa de computador que faz o balanço hídrico sequencial diário a nível do solo.
- Utiliza como dados de entrada a precipitação diária, a evapotranspiração de referência (diária ou mensal), parâmetros do solo, parâmetros da ocupação do solo, e quantidades de água iniciais no armazenamento do solo.
- Incorpora um ou vários métodos para o cálculo de cinco processos:
  - Escoamento directo (E_{ps}) ou infiltração superficial (Is);
  - Armazenamento de água na zona do solo sujeita a evapo(transpi)ração (ΔA_{I_1});
  - Evapo(transpi)ração real (ETR);
  - Armazenamento de água na zona do solo que há-de ser sujeita a evapo(transpi)ração (ΔA_{I_2});
  - Infiltração profunda (Ip).

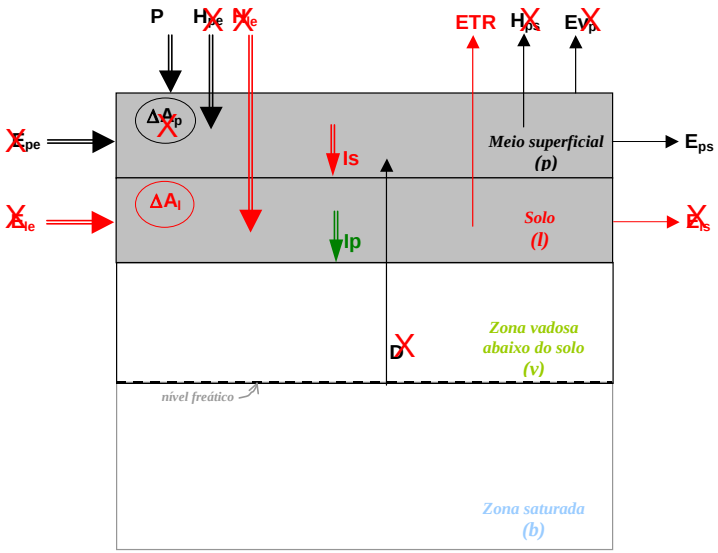
$$Ip = P - E_{ps} - ETR - \Delta A_I$$

$$Ip = Is - ETR - \Delta A_I$$

BALSEQ_MOD

$$Ip = P - E_{ps} - ETR - \Delta A_l$$

$$Ip = Is - ETR - \Delta A_l$$



O modelo BALSEQ_MOD faz as seguintes simplificações à equação de balanço hídrico:

- A única entrada de água no volume de controlo é a água de precipitação (*Epe* = 0, *Ele* = 0, *Hpe* = 0, *Hle* = 0);
- O nível freático está sempre abaixo do *solo* pelo que não há descarga de águas subterrâneas para o meio superficial (*D* = 0) nem há evapotranspiração a partir da zona saturada;
- O escoamento no *solo* é vertical, pelo que não há saída lateral do volume de controlo por este meio (*Els* = 0);
- Não há formas de armazenamento de água superficial pelo que também não há evaporação de água superficial ou ambas são desprezáveis (*ΔAp* = 0, *Evp* = 0);
- Não há extracções de água superficial (*Hps* = 0).

BALSEQ_MOD - Infiltração superficial

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

A infiltração superficial depende de:

- Precipitação do dia
- Água armazenada na zona do solo sujeita a ET
- Propriedades do solo (que dependem da textura)

$$Is = \begin{cases} P & \text{se } P \leq P_{lim} \\ a.P + b & \text{se } P > P_{lim} \end{cases}$$

Teores de humidade diferentes dos tabelados

$$\begin{cases} a_i = a_1 + \dfrac{(a_2 - a_1)}{(\theta_2 - \theta_1)}.(\theta_i - \theta_1) \\ b_i = b_1 + \dfrac{(b_2 - b_1)}{(\theta_2 - \theta_1)}.(\theta_i - \theta_1) \end{cases}$$

$$P_{lim} = b/(1-a)$$

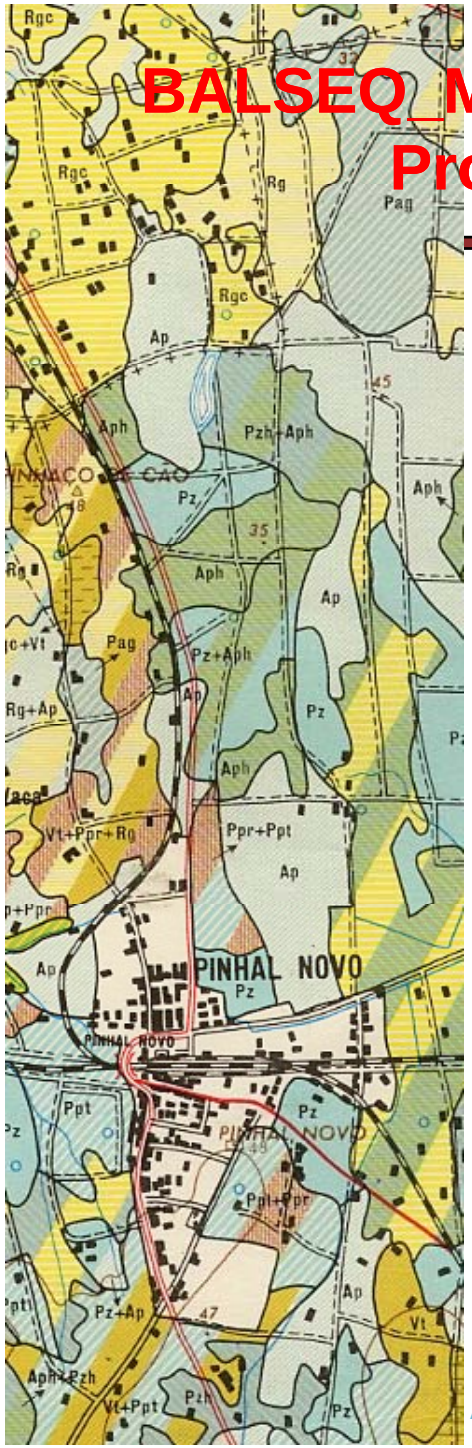
Textura	P_{lim} (cm/d) [=b/(1-a)]	b em Is = aP+b	a em Is = aP+b	θ_i
Argilo -limoso wp = 25.0% cc = 38.7% n = 47.9%	1,64	1,028	0,375	θ_i = wp
	1,50	0,995	0,336	θ_i = 0,5.wp+0,5.cc
	1,28	0,907	0,292	θ_i = cc
	1,09	0,832	0,236	θ_i = 0,5.cc+0,5.n =0,433
	0,95	0,775	0,182	θ_i = 0,25.cc+0,75.n =0,456
	0,81	0,708	0,126	θ_i = 0,1.cc+0,9.n
	0,47	0,459	0,029	θ_i = n

Exemplo: infiltração superficial de um *solo* argilo-limoso com θi = 0,35.*cc*+0,65.*n* = 0,447

$$\begin{cases} a_i = 0{,}236 + \dfrac{(0{,}182 - 0{,}236)}{(0{,}456 - 0{,}433)}.(0{,}447 - 0{,}433) = 0{,}203 \\ b_i = 0{,}832 + \dfrac{(0{,}775 - 0{,}832)}{(0{,}456 - 0{,}433)}.(0{,}447 - 0{,}433) = 0{,}797 \end{cases}$$

$$P_{lim} = b/(1-a) = 0{,}797/(1-0{,}203) = 1{,}00$$

$$Is = \begin{cases} P & \text{se } P \leq 1{,}00 \\ 0{,}203.P + 0{,}797 & \text{se } P > 1{,}00 \end{cases}$$



BALSEQ_MOD - Infiltração superficial
Propriedades do solo

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

•Para a aplicação a situações reais, onde num solo se definem vários horizontes, assume-se que o horizonte que condiciona a infiltração superficial é o horizonte mais próximo da superfície (excluindo o horizonte Ap).

• No caso de não haver outra informação disponível, utilizar uma tabela que relaciona a informação da Carta de Solos do IHERA à escala 1:25000, complementada com diversas fontes de informação sobre os perfis dos solos (SROA, 1970, 1973), com o material do horizonte mais superficial do solo.

Solo	Código	Horiz.	Textura	Código de textura	Solo	Código	Horiz.	Textura	Código de textura
A	131102	C1	Franco arenoso	7	Ps	821001	A1	Franco arenoso	7
Aa	131103	C1	Argiloso	5	Pz	612003	A1	--	7
Aac	131203	C1	Franco argilo-limoso	9	Rg	121101	C1	Arenoso	1
Arc	101		Argiloso	5	Sb	140102	C1	Franco limoso	11
Asoc	300			9999	Sbc	140202		Franco limoso	11
Assa	712105	C1	Franco argilo-limoso	9	Sr	522104	A1	Franco arenoso	7
At	132102	C1	Franco	6	Vc	321102	C	--	10
Atl	132101	C1	--	7	Vcd	521104	A1	--	4
Ec	111002	A1	Franco limoso	11	Vt	221113	A1	--	7
Et	111010	A1	Arenoso franco	2	Vtc	522112	B	Argiloso	5

BALSEQ_MOD – Evapotranspiração real

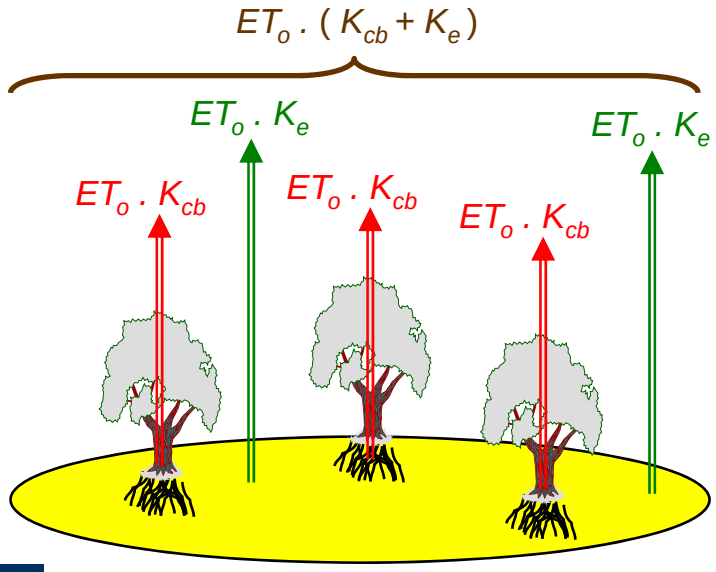
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

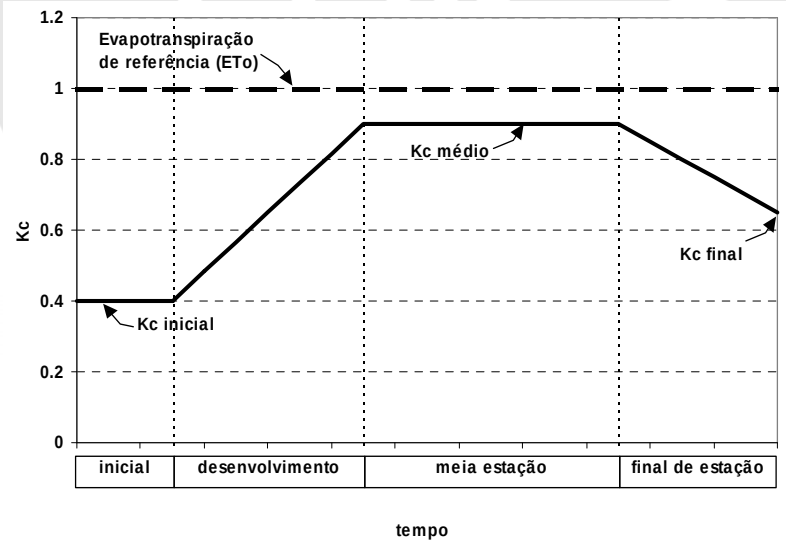
A evapotranspiração real depende de:

- Evapotranspiração de referência (ET_o)
- Ocupação do solo (coberto vegetal)
- Água armazenada na zona do solo sujeita a ET

Coeficiente cultural dual

$$ETR = \underbrace{K_a \cdot ET_o \cdot K_{cb}}_{\text{Transpiração}} + \underbrace{ET_o \cdot K_e}_{\text{Evaporação}}$$





BALSEQ_MOD – Evapotranspiração real

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

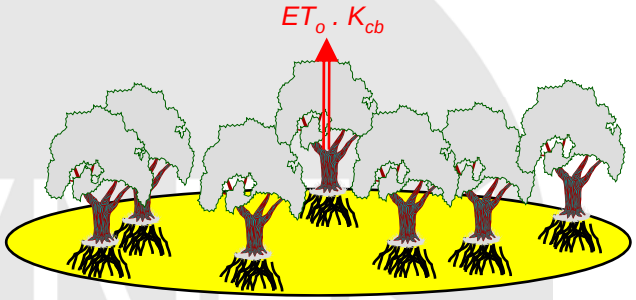
- **Coeficiente cultural basal (K_{cb}) – correcção para HR_m e u_2**

$$K_{cbi} = K_{cbi(\text{tabela})} + [0{,}04.(u_2 - 2) - 0{,}004.(HR_m - 45)].(h_i/3)^{0{,}3}$$

- **Coeficiente cultural basal (K_{cb}) – vegetação esparsa**

$$K_{cb\,médio\,aj} = K_{c\min} + \left(K_{cb\,total} - K_{c\min}\right).\min\left[1;\ 2.f_c;\ \left(f_{c\,efectivo}\right)^{\left(\frac{1}{1+h}\right)}\right]$$

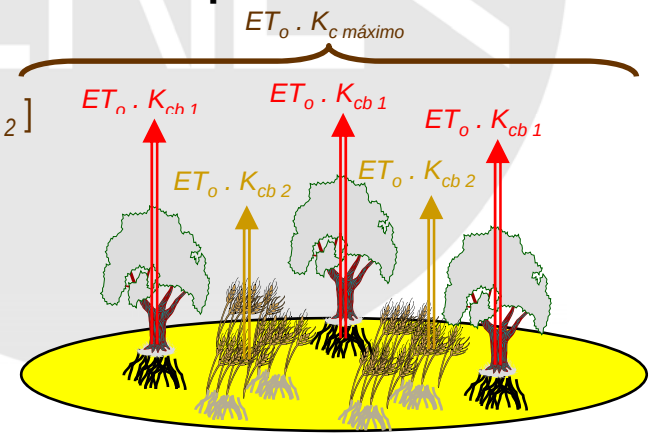
$$\begin{cases} K_{cb\ total} = K_{cb\ médio,\ tabela} + [0{,}04.(u_2 - 2) - 0{,}004.(HR_m - 45)].(h\ /\ 3)^{0{,}3} \\ K_{cb\ total} = \min(1{,}20;\ 1{,}0+0{,}1.h\ ) + [\ 0{,}04.(u_2 - 2) - 0{,}004.(HR_m - 45)\ ].(h\ /\ 3)^{0{,}3} \end{cases}$$



- **Coeficiente cultural basal (K_{cb}) – ocupação vegetal por duas espécies diferentes**

$$K_{c\ máximo} = \max\left(\{1{,}2 + [0{,}04.(u_2 - 2) - 0{,}004.(HR_m - 45)].(h\ /\ 3)^{0{,}3}\};\{K_{cb} + 0{,}05\}\right)$$

$$\text{Se } K_{cb\,1} + K_{cb\,2} > K_{c\ máximo} \Longrightarrow K_{cb\ (i,\ corrigido)} = K_{cb\ i} \cdot K_{c\ máximo} / [\ K_{cb\,1} + K_{cb\,2}\ ]$$



- **Coeficiente para a evaporação do solo (Ke)**

$$K_e = \min\{\ K_r.(\ K_{c\ máximo} - K_{cb}\ )\ ;\ \ (1 - f_c\ ).\ K_{c\ máximo}\ \}$$

- **Balanço hídrico**

$$ETR\ = K_{a\ (A_{lETR})}.\ K_{cb}.\ ET_o$$

$$A_{l\ ETR}\ = A_{l\ início} + Is\ + A_{l\ ganho}$$

BALSEQ_MOD – Evapotranspiração real

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

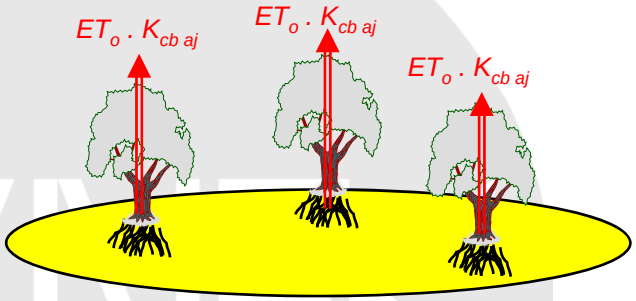
- **Coeficiente cultural basal (K_{cb}) – correcção para HR_m e u_2**

$$K_{cbi} = K_{cbi(\text{tabela})} + [0{,}04.(u_2 - 2) - 0{,}004.(HR_m - 45)].(h_i/3)^{0{,}3}$$

- **Coeficiente cultural basal (K_{cb}) – vegetação esparsa**

$$K_{cb\,médio\,aj} = K_{c\min} + \left(K_{cb\,total} - K_{c\min}\right).\min\left[1;\ 2.f_c;\ \left(f_{c\,efectivo}\right)^{\left(\frac{1}{1+h}\right)}\right]$$

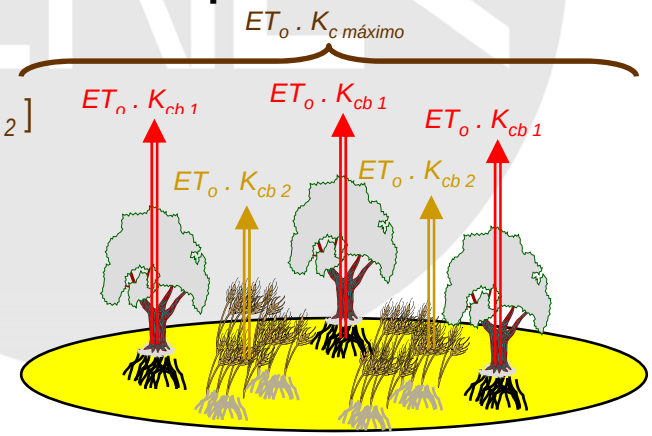
$$\begin{cases} K_{cb\ total} = K_{cb\ médio,\ tabela} + [0{,}04.(u_2 - 2) - 0{,}004.(HR_m - 45)].(h\ /\ 3)^{0{,}3} \\ K_{cb\ total} = \min(1{,}20;\ 1{,}0+0{,}1.h\ ) + [\ 0{,}04.(u_2 - 2) - 0{,}004.(HR_m - 45)\ ].(h\ /\ 3)^{0{,}3} \end{cases}$$



- **Coeficiente cultural basal (K_{cb}) – ocupação vegetal por duas espécies diferentes**

$$K_{c\ máximo} = \max\left(\{1{,}2 + [0{,}04.(u_2 - 2) - 0{,}004.(HR_m - 45)].(h\ /\ 3)^{0{,}3}\};\{K_{cb} + 0{,}05\}\right)$$

$$\text{Se } K_{cb\,1} + K_{cb\,2} > K_{c\ máximo} \Longrightarrow K_{cb\ (i,\ corrigido)} = K_{cb\ i} \cdot K_{c\ máximo} / [\ K_{cb\,1} + K_{cb\,2}\ ]$$



- **Coeficiente para a evaporação do solo (Ke)**

$$K_e = \min\{\ K_r.(\ K_{c\ máximo} - K_{cb}\ )\ ;\ \ (1 - f_c\ ).\ K_{c\ máximo}\ \}$$

- **Balanço hídrico**

$$ETR\ = K_{a\ (A_{lETR})}.\ K_{cb}.\ ET_o$$

$$A_{l\ ETR}\ = A_{l\ início} + Is\ + A_{l\ ganho}$$

BALSEQ_MOD – Água armazenada no solo

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

A água armazenada no solo depende de:

- Infiltração superficial
- Evapotranspiração real
- Água armazenada *no dia anterior* na zona do solo sujeita a evapo(transpi)ração (ΔA_{l_1})
- Água armazenada *no dia anterior* na zona do solo que há-de ser sujeita a evapo(transpi)ração (ΔA_{l_2})
- Propriedades do solo (que dependem da textura)

$$A_{l\ antes\ lp} = A_{l\ início} + Is + A_{l\ ganho} - ETR = A_{l\ ETR} - ETR$$

BALSEQ_MOD – Infiltração profunda

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

A infiltração profunda depende de:

- Água armazenada na zona do solo sujeita a evapo(transpi)ração (ΔA_{I_1});
- Água armazenada na zona do solo que há-de ser sujeita a evapo(transpi)ração (ΔA_{I_2});
- Propriedades do solo (que dependem da textura) – Ks

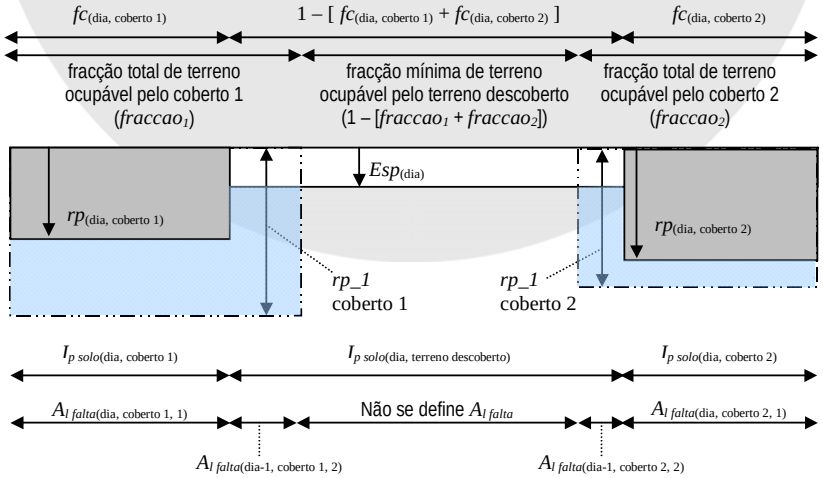
$$Ip_{solo} = \min\{\max[(A_{I\ antes\ Ip} - AGUT),0];\ (Ks.\ \Delta t)\}$$

AGUT = água no solo quando o seu teor de humidade é igual à capacidade de campo (L)
Ks – condutividade hidráulica vertical (saturada)
Δt – intervalo de tempo: 1 dia

$$A_{I\ fim} = A_{I\ antes\ Ip} - Ip_{solo}$$

$$Ip = \max(Ip_{solo} - A_{I\ falta};\ 0)$$

$$A_{I\ falta} = \max(A_{I\ falta} - Ip_{solo};\ 0)$$



BALSEQ_MOD – Dados de entrada

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

- Precipitação diária (P)

- Evapotranspiração de referência (ETo) diária ou mensal:
  Temperatura, Humidade relativa, Velocidade do vento, Pressão do ar, Radiação solar ou insolação

- Parâmetros dependentes do solo para a infiltração superficial (Is):
  material do horizonte superior do solo

- Parâmetros dependentes do solo para a variação do armazenamento do solo (ΔAl) e evapotranspiração real (ETR):
  n, cc, wp, Ks

- Parâmetros dependentes da ocupação do solo para a evapotranspiração real (ETR):
  Dia_ini, L_ini, L_des, L_med, L_fim, Kcb_ini, Kcb_med, Kcb_fim, h_cult, rp_1, rp_0, sld_, Kc_min, Kcb_tot, fraccao, fraccao_0, fraccao_nada

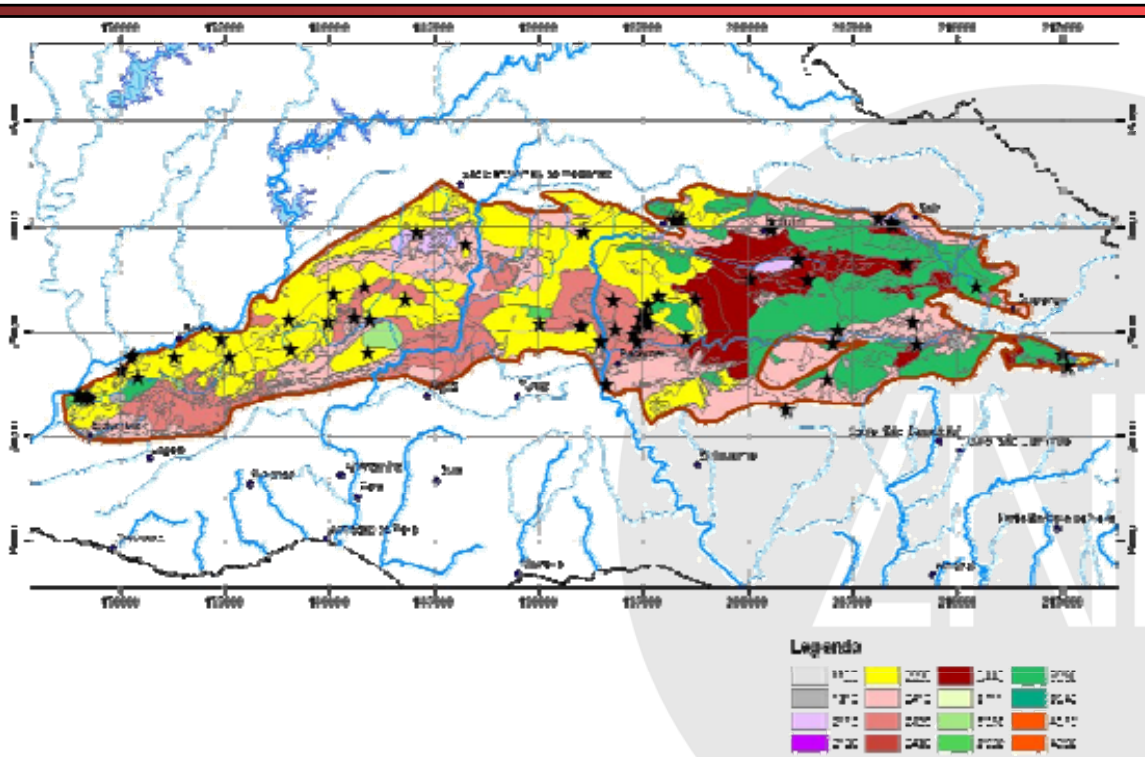
Informação de base

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

- Carta de solos à escala 1:25 000 do IHERA
- Carta Corine Land Cover 2000 à escala 1:100 000 do IGEO
- Carta geológica da Região do Algarve à escala 1:100 000 dos SGP (1992)
- Precipitação diária de 30H/03–São Bartolomeu de Messines do SNIRH – série Outubro de 1941 até Setembro de 1991
- ETo na Praia da Rocha do P.B.H. Ribeiras do Algarve

Carta de ocupação do solo
Corine Land Cover 2000

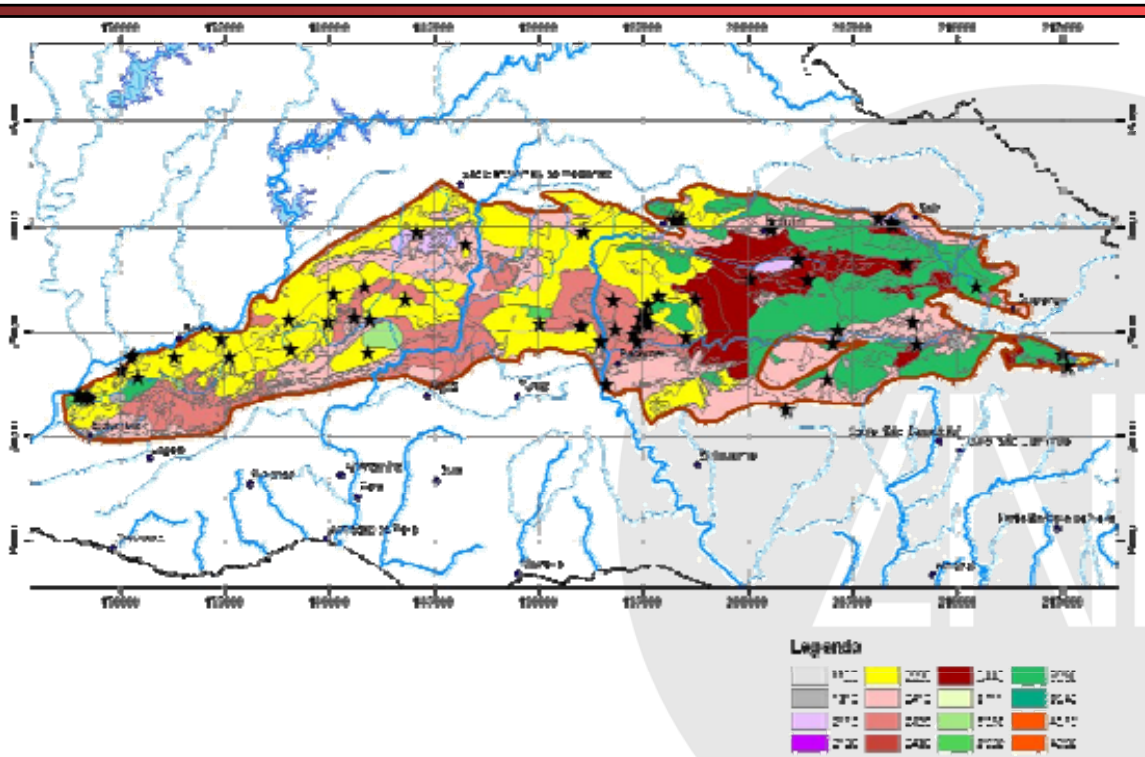
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



Tecido urbano descontínuo (112)][Pedreiras, zonas de extracção de areias, minas a céu aberto (131)][Zonas de utilização agrícola fora dos perímetros de rega (211)][Perímetros regados (212)][Pomares (222)][Culturas anuais associadas a culturas permanentes (241)][Sistemas culturais e parcelares complexos (242)][Terras ocupadas principalmente por agricultura com espaços naturais importantes (243)][Territórios agroflorestais (244)][Sobreiro (3111)][Pastagens pobres, trilhos (321)][Pântanos e charnecas (322)][Vegetação esclerófita (p. ex.: maquial, carrascal e esteval) (323)][Espaços florestais degradados (324)][Sapais (421)][Salinas (422)

Carta de ocupação do solo
Corine Land Cover 2000

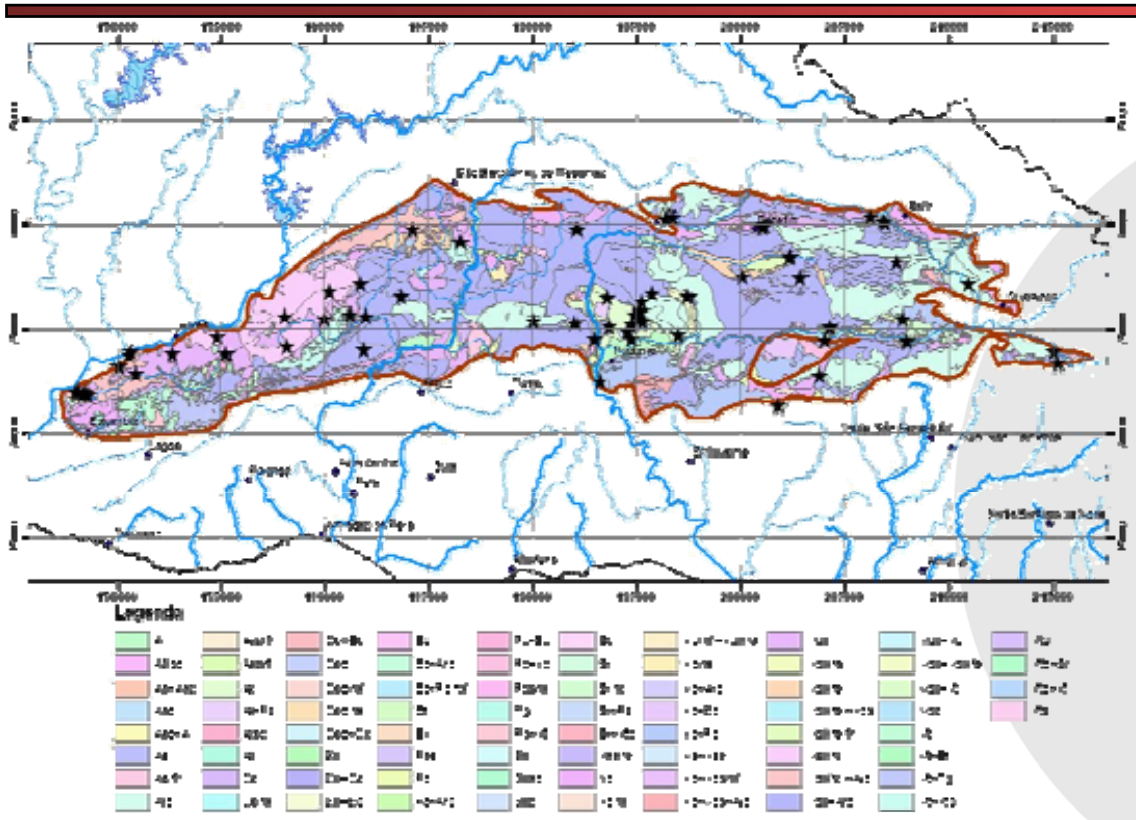
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



COR_LC	COS90	ncult	eavel(1)	la Kcb_	Dia_ini(1)	L_ini(1)	L_des(1)	L_med(1)	L_fim(1)	Kcb_ini(1)	med(1)	Kcb_fim(1)	h_cult(1)	rp_1(1)	rp_0(1)	sld_(1)	Kc_min(1)	Kcb_tot(1)	fracc ao(1)	ao_0(1)	ao_nada(1	eavel(2)	la Kcb_	Dia_ini(2)	L_ini(2)	L_des(2)	L_med(2)	L_fim(2)	Kcb_ini(2)	med(2)	Kcb_fim(2)	h_cult(2)	rp_1(2)	rp_0(2)	sld_(2)	Kc_min(2)	Kcb_tot(2)	fracc ao(2)	ao_0(2)	ao_nada(2	rp_1(3)	sld_(3)
1120	UU2	2	1	1	1	1	1	361	2	0.95	0.95	0.95	10	2750	2750	0.7	0.15	0.95	0.2	0.2	0.2	0	0	1	1	1	361	2	0.01	0.01	0.01	1	1	1	1	0.01	0.01	0.3	0.3	0.3	150	0.42
1310	JJ1	1	1	0	1	10	10	10	10	0.15	0.15	0.15	1	1	1	1	0.15	0.15	0	0	0	150	0.42																			
2110	CC1	1	1	0	32	30	140	40	30	0.15	1.1	0.15	1	1200	150	0.55	0.15	1.1	1	0.1	0	150	0.42																			
2120	CC2	1	1	0	183	30	40	50	30	0.15	1.15	0.15	2	1200	150	0.55	0.15	1.15	1	0.1	0	150	0.42																			
2220	AA1	1	1	0	93	60	90	120	95	0.65	0.6	0.65	4	1500	1500	0.5	0.15	0.65	0.7	0.7	0.7	150	0.42																			
2410	CA2	2	1	1	183	30	40	50	30	0.15	1.15	0.15	2	1200	150	0.55	0.15	1.15	0.5	0.1	0	1	1	152	30	50	130	30	0.35	0.9	0.65	4	1500	1500	0.5	0.15	0.9	0.3	0.3	0	150	0.42
2420	CX1	2	1	1	198	35	40	50	30	0.15	1.1	0.7	0.6	900	150	0.4	0.15	1.1	0.5	0.1	0	1	1	183	30	35	50	30	0.15	1.1	0.65	0.6	500	150	0.35	0.15	1.1	0.5	0.1	0	150	0.42
2430	CI1	2	1	1	32	30	140	40	30	0.15	1.1	0.15	1	1200	150	0.55	0.15	1.1	0.3	0.1	0	1	1	1	1	1	361	2	0.95	0.95	0.95	10	2750	2750	0.7	0.15	0.95	0.2	0.2	0.2	150	0.42
2440	CM0	2	1	1	32	30	140	40	30	0.15	1.1	0.15	1	1200	150	0.55	0.15	1.1	0.8	0.1	0	1	1	1	1	1	361	2	0.95	0.95	0.95	10	2750	2750	0.7	0.15	0.95	0.2	0.2	0.2	150	0.42
3111	BB3	1	1	1	1	1	1	361	2	1.2	1.2	1.2	10	2750	2750	0.5	0.15	1.2	0.7	0.7	0.7	150	0.42																			
3210	II1	1	1	0	1	1	1	361	2	0.9	0.9	0.9	0.2	500	500	0.4	0.15	0.9	1	1	1	150	0.42																			
3220	II1	1	1	0	1	1	1	361	2	0.9	0.9	0.9	0.2	500	500	0.4	0.15	0.9	1	1	1	150	0.42																			
3230	QQ6	1	1	0	1	1	1	361	2	0.8	0.8	0.8	1	1000	1000	0.5	0.15	0.8	1	1	1	150	0.42																			
3240	ID0	1	1	0	1	1	1	361	2	0.8	0.8	0.8	1.5	1000	1000	0.5	0.15	0.8	1	1	1	150	0.42																			
4210	HY2																																									
4220	HY3																																									
5110	HH1																																									

Carta de solos

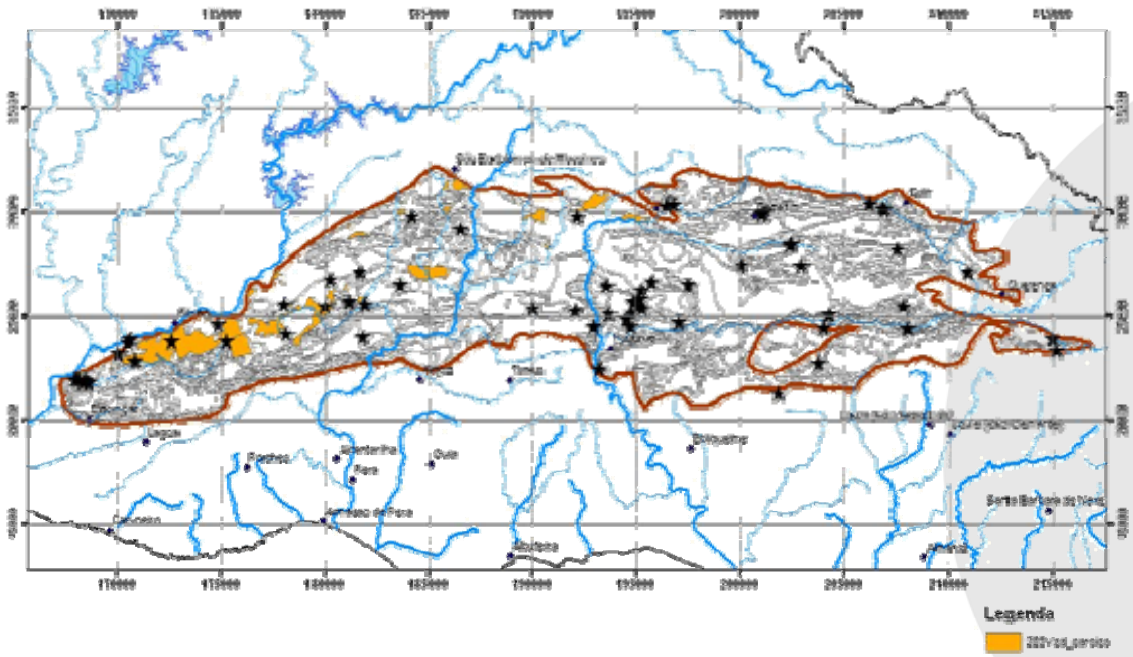
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



	fc	wp	fi	Ks_mm_d	solo_sup
A	0.27	0.12	0.44	91.32	7
Aa	0.36	0.24	0.47	19.52064	5
Aac	0.26	0.14	0.42	34.2	9
Ac	0.31	0.18	0.44	17.11	10
Arc	0.025	0.005	0.05	10	5
As	0.21	0.07	0.42	118.3	7
ASoc	-9	-9	-9	-9	-9
Ass	0.4	0.22	0.46	7.18	9
At	0.25	0.12	0.41	102.29	6
Atac	0.36	0.22	0.48	21.6	4
Atl	0.15	0.06	0.37	356.1	7
Cb	0.3	0.12	0.44	326.3	5
Cbc	0.43	0.19	0.54	849.2	9
Eb	0.23	0.11	0.43	599.4	7
Ec	0.34	0.16	0.460475	44.81832	11
Et	0.3	0.16	0.48	354.2779	2
Ex	0.24	0.12	0.43	423.2	5
Pac	0.26	0.1	0.44	537.1	8
Pc	0.28	0.09	0.462458	378.1286	9
Pcs	0.3	0.06	0.45	433	6
Ps	0.25	0.12	0.43	940.6856	7
Rg	0.09	0.04	0.437	5040	1
Sb	0.31	0.15	0.46	86.16	11
Sbac	0.36	0.22	0.48	21.6	4
Sbc	0.31	0.16	0.501	316.8	11
Sp	0.75	0.19	0.8	82.6	11
Sr	0.3	0.17	0.46	82.5537	7
Vac	0.32	0.15	0.44	354.2	5
Vc	0.24	0.1	0.439235	547.1866	10
Vcd	0.31	0.18	0.47	647.8213	4
Vcs	0.18	0.06	0.39	795	8
Vt	0.13	0.04	0.38401	1080.619	7
Vtc	0.47	0.32	0.52	1.66	5
Vts	0.17	0.06	0.42	1506	7

Informação de base para cálculo da recarga

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



COR_COD	2220
Solo	Vcd
fc	0.31
wp	0.18
fi	0.47
Ks_mm_d	648
solo_sup	4
ncult	1
permeavel(1)	1
Calcula Kcb_esp(1)	0
Dia_ini(1)	93
L_ini(1)	60
L_des(1)	90
L_med(1)	120
L_fim(1)	95
Kcb_ini(1)	0.65
Kcb_med(1)	0.6
Kcb_fim(1)	0.65
h_cult(1)	4
rp_1(1)	1500
rp_0(1)	1500
sld_(1)	0.5
Kc_min(1)	0.15
Kcb_tot(1)	0.65
fraccao(1)	0.7
fraccao_0(1)	0.7
fraccao_nada(1)	0.7

permeavel(2)	
Calcula Kcb_esp(2)	
Dia_ini(2)	
L_ini(2)	
L_des(2)	
L_med(2)	
L_fim(2)	
Kcb_ini(2)	
Kcb_med(2)	
Kcb_fim(2)	
h_cult(2)	
rp_1(2)	
rp_0(2)	
sld_(2)	
Kc_min(2)	
Kcb_tot(2)	
fraccao(2)	
fraccao_0(2)	
fraccao_nada(2)	
rp_1(3)	150
sld_(3)	0.42

Exemplo de uma corrida do modelo de balanço hídrico sequencial diário:

- Corine Land Cover = 2220 (Pomares)
- Solo = Vcd (solo argiluviado de calcário compacto ou dolomito)
- Zona cársica (Geologia = J1A, J1P, J1Pa)

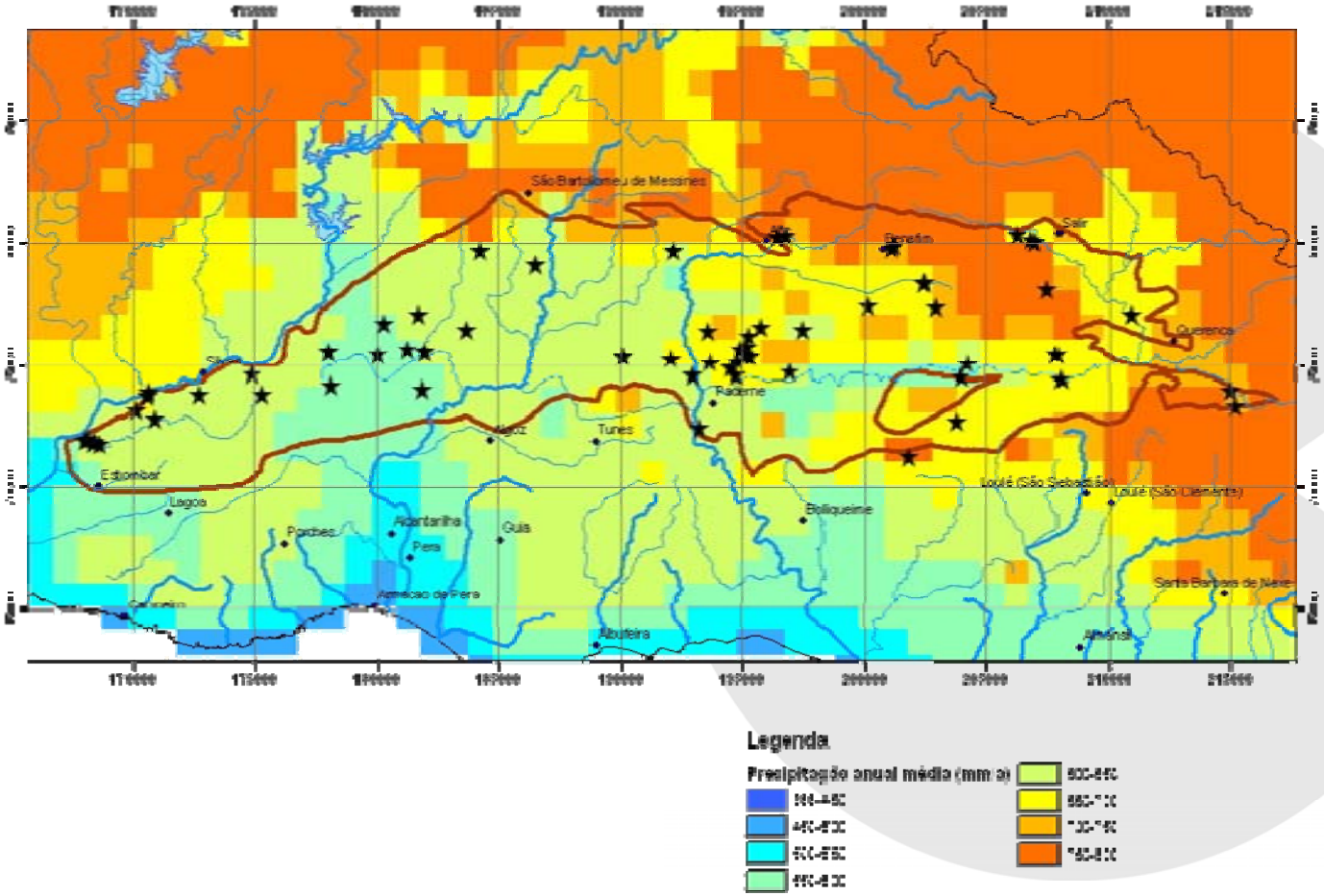
Recarga – trabalhos anteriores

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

- COSTA (1983, in ALMEIDA *et al*., 2000), a partir do estudo da descarga das nascentes no final do ano hidrológico de 1980/81, chega a um valor de descarga do sistema de 5,8 m^3/s. Assumindo que este caudal seria constante, ALMEIDA *et al*. (2000) reflectem que a recarga anual seria superior a 183 hm^3/ano (equivalente a 577 mm/ano), o que seria um valor exagerado, dada a área do sistema aquífero e a precipitação anual média que sobre ele ocorre, que considera equivalente a 650 mm/ano.
- COSTA *et al*. (1985, in ALMEIDA *et al*., 2000) propõem uma taxa média de recarga para as formações que compõem este sistema de 70 % da precipitação.
- RODRIGUES (1990, in ALMEIDA *et al*., 2000) considerou uma recarga de 60 % da precipitação.
- ALMEIDA *et al*. (2000) consideram que dos 318 km^2 de área do aquífero 47 km^2 são rochas pouco permeáveis ou impermeáveis (terraços, aluviões, etc.), admitindo uma taxa de recarga para a restante área de 40±10 % da precipitação anual obtêm uma recarga natural de 70±17 hm^3/ano.
- VIEIRA e MONTEIRO (2003) utilizaram os mapas digitais de precipitação anual produzidos por NICOLAU (2002, *in* VIEIRA e MONTEIRO, 2003) e consideraram taxas de recarga, em função da geologia, entre 5 e 50 %, tendo estimado para o sistema aquífero Querença-Silves a recarga anual média de 93 hm^3/ano.

Precipitação anual média mm/ano

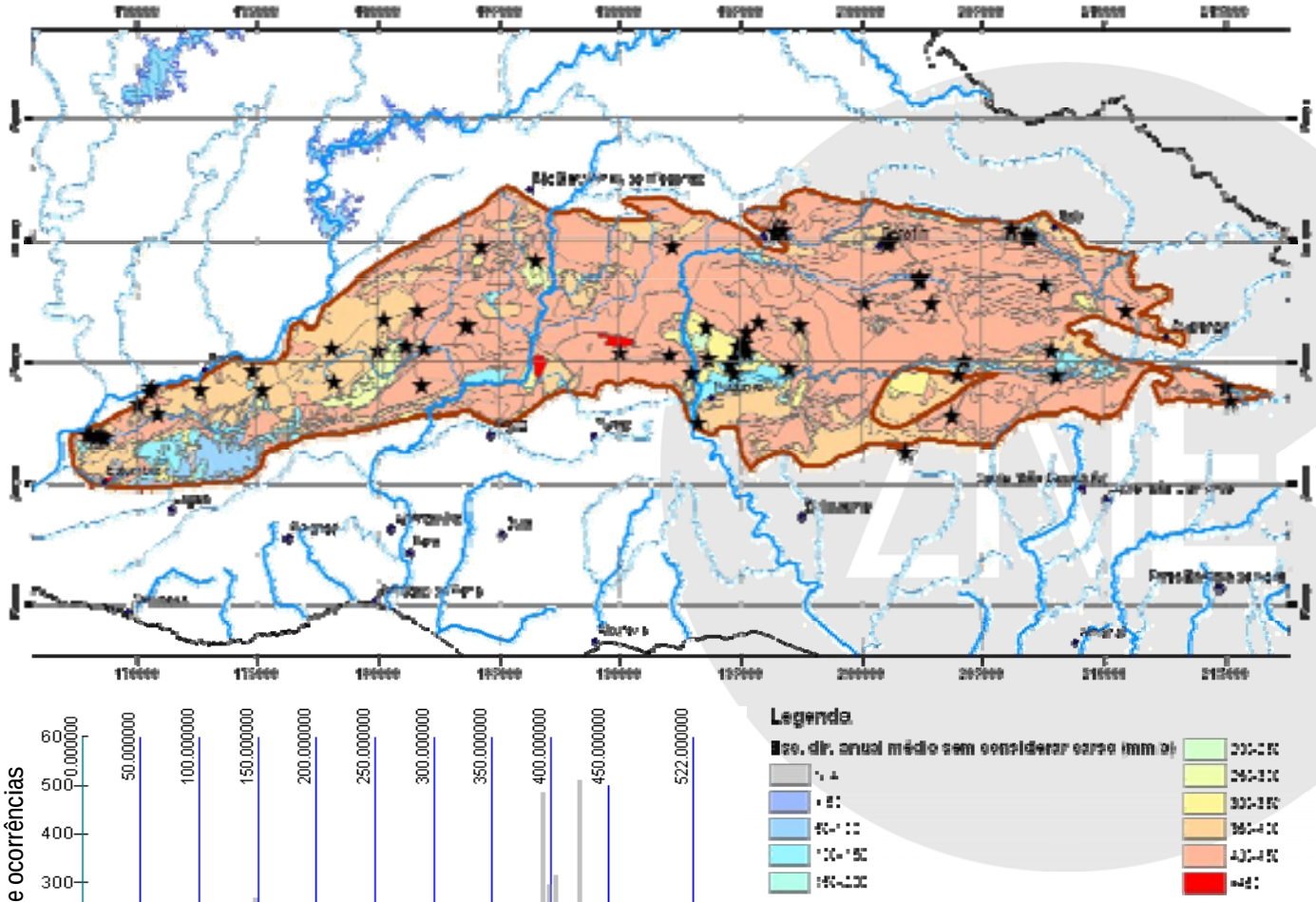
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

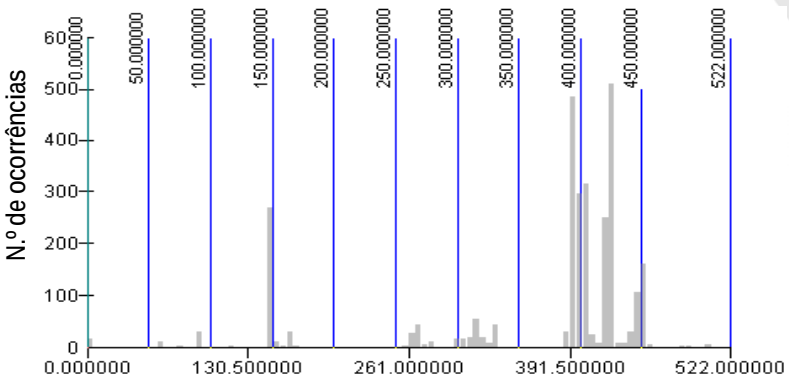


Adaptado de Nicolau (2002)

Escoamento directo anual médio sem considerar carsificação - mm/ano

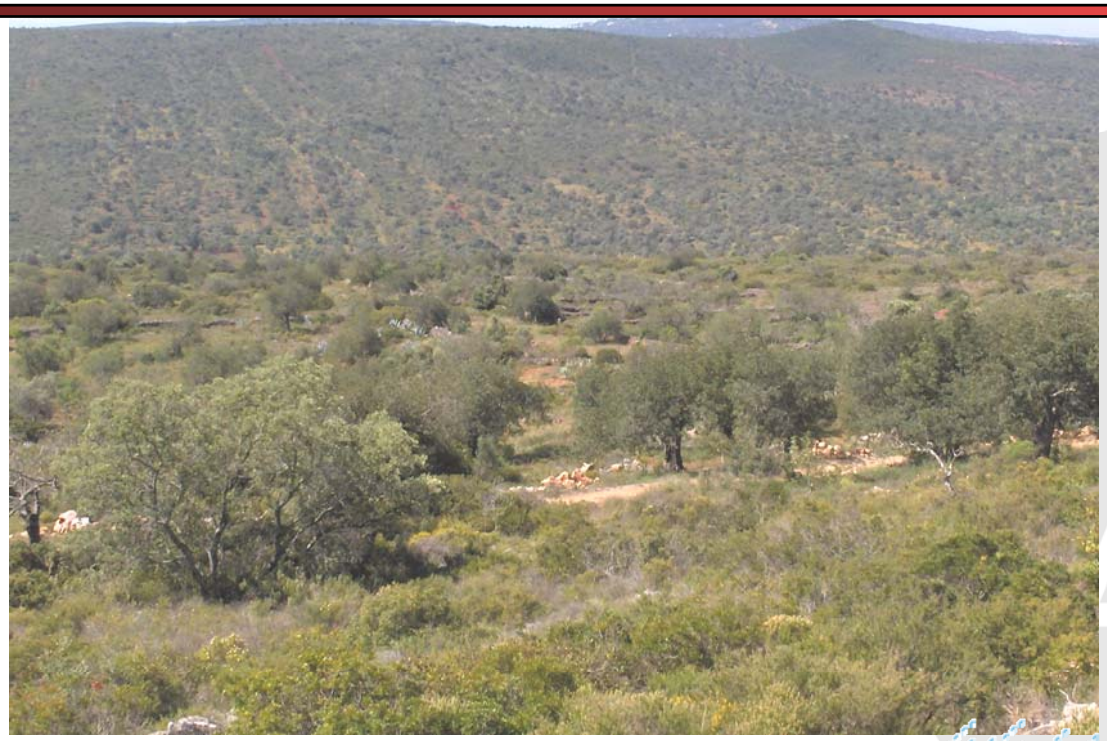
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

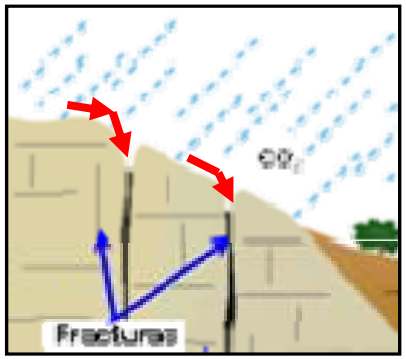


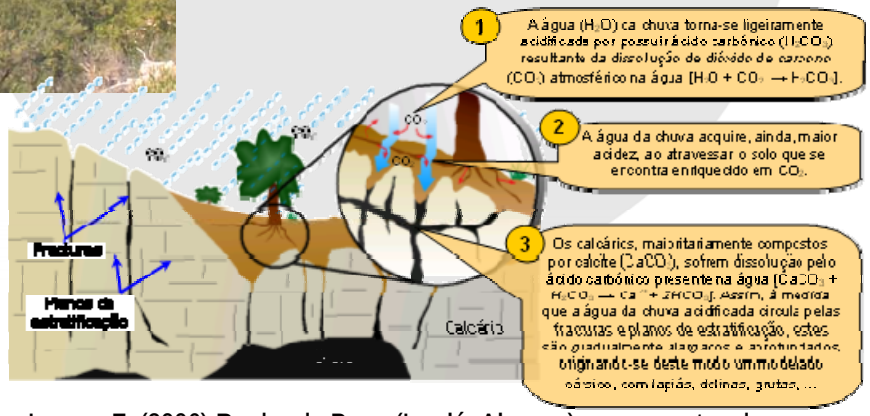


Esc. dir. anual médio (sem considerar carsificação): 394 mm/ano

Carsificação







Lopes, F. (2006) Rocha da Pena (Loulé, Algarve): ao encontro da geodiversidade {http:\\rochadapena.no.sapo.pt\} (2008-03-30)

Áreas onde o escoamento directo pode ser considerado nulo

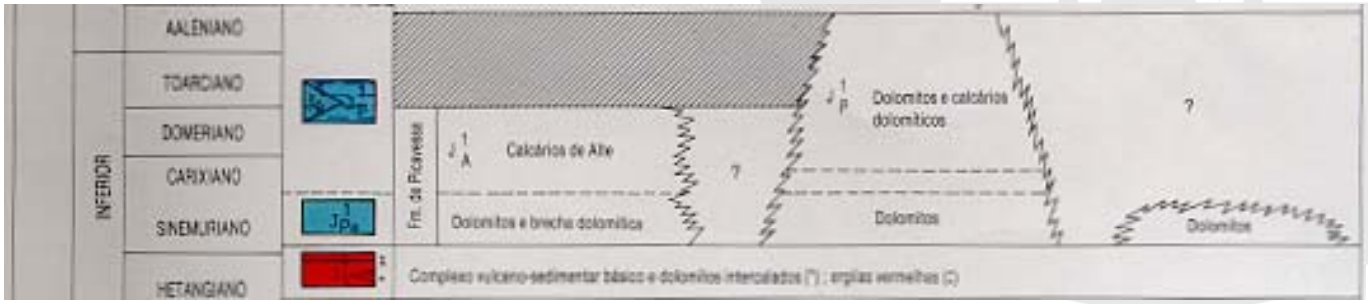
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

As áreas onde se considerou que toda o escoamento directo se infiltrou após um pequeno percurso coincidem, de acordo com as descrições geológicas, às formações:

J1A – Calcários de Alte

J1P – Dolomitos e brecha dolomítica

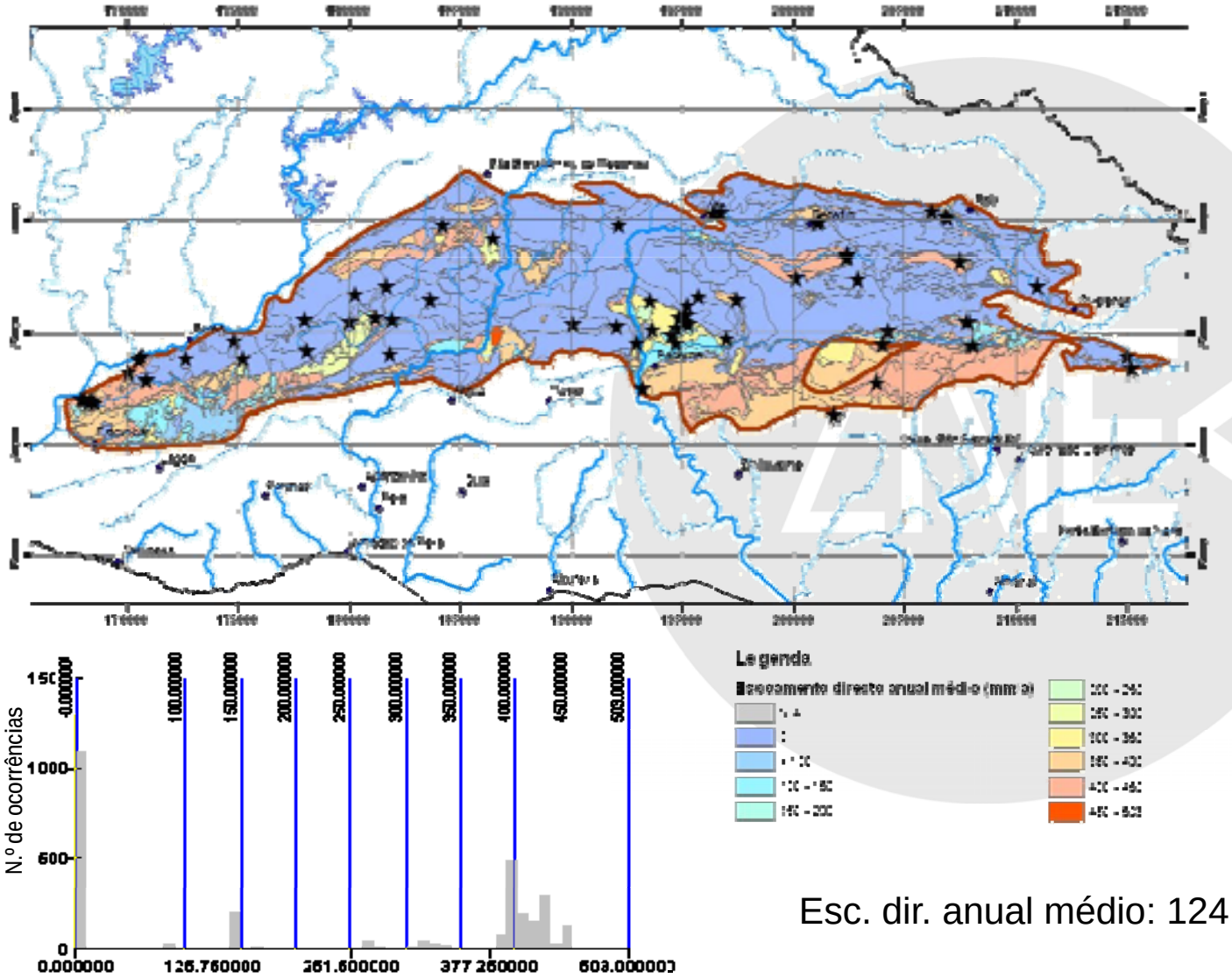
J1Pa – Dolomitos e calcários dolomíticos



SGP (1992)

Escoamento directo anual médio mm/ano

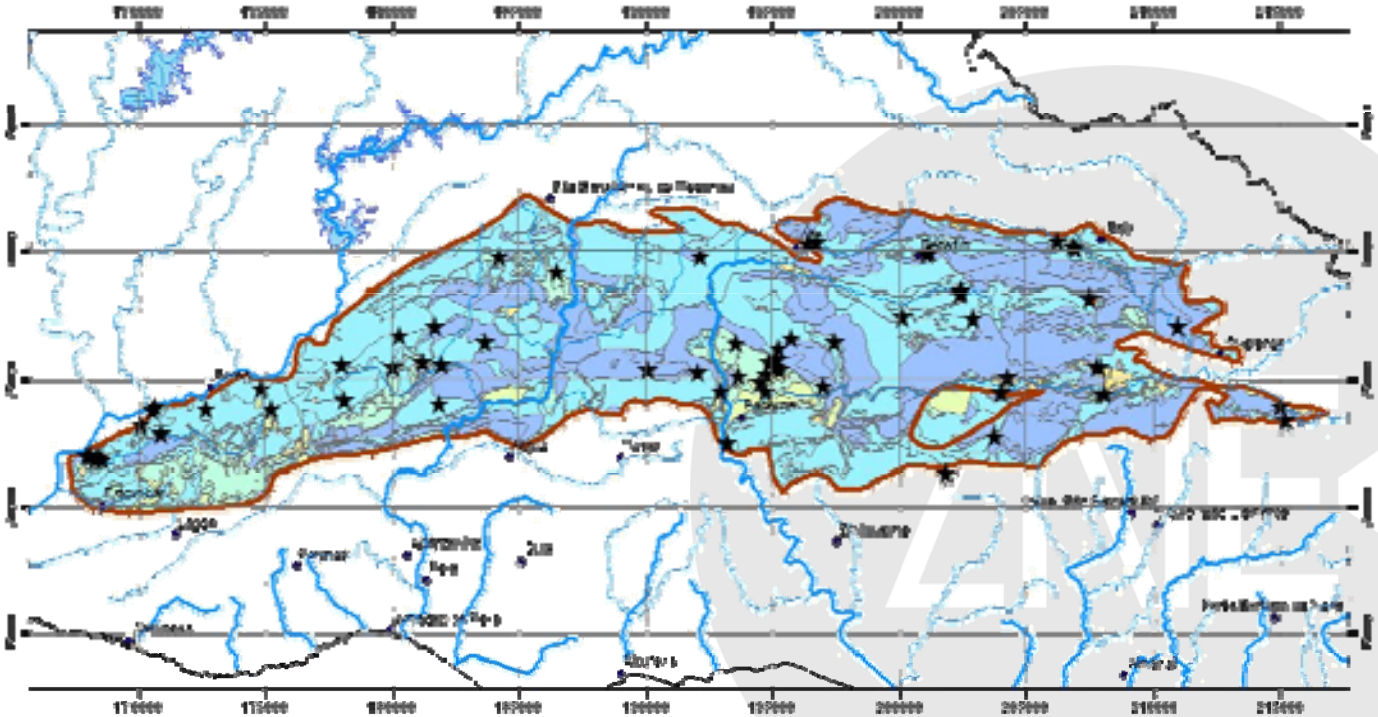
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

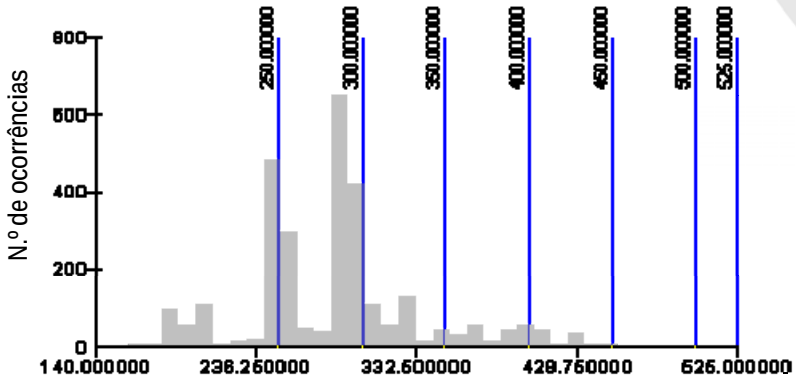


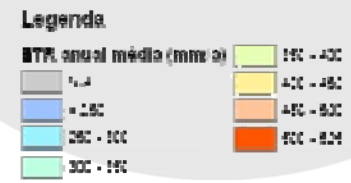
Esc. dir. anual médio: 124 mm/ano

Evapotranspiração (real) anual média mm/ano

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



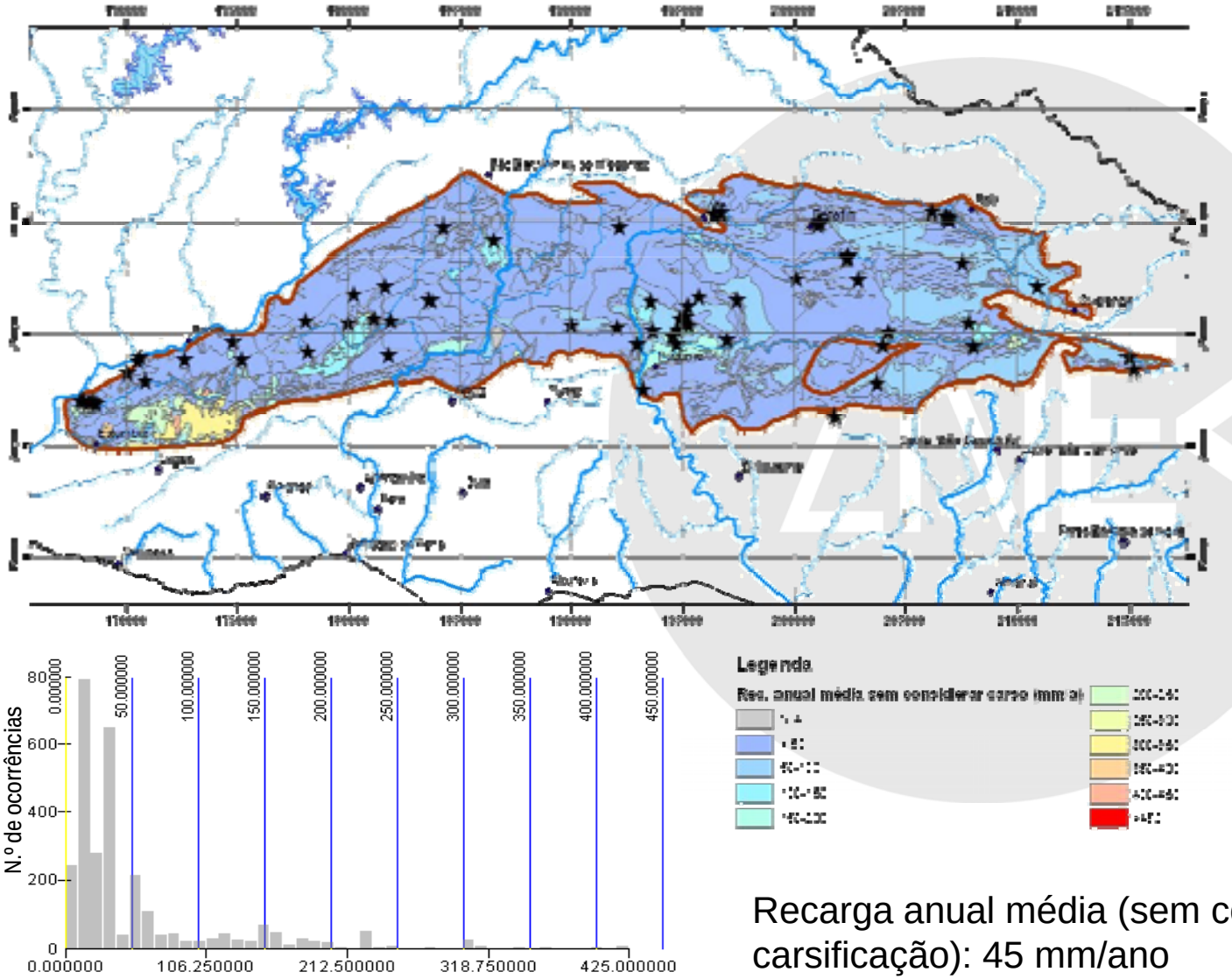




ETR anual média: 265 mm/ano

Recarga anual média sem considerar carsificação - mm/ano

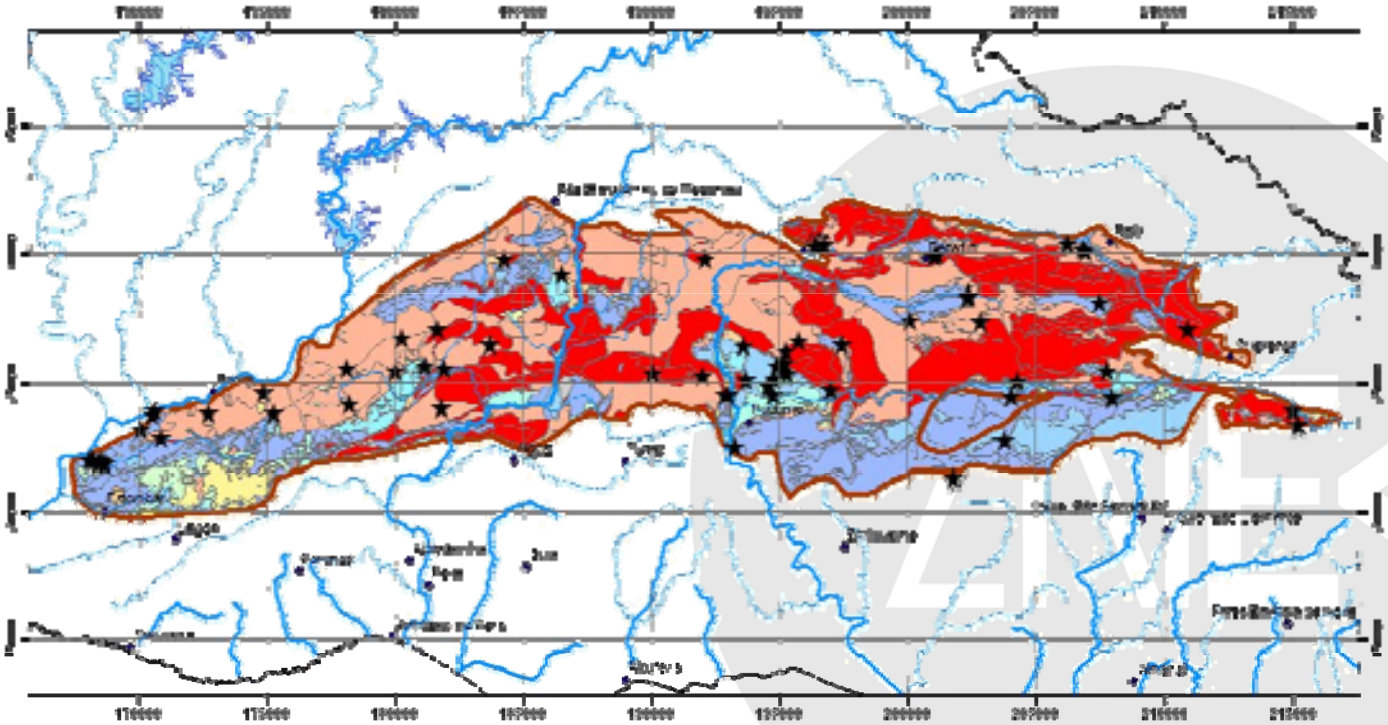
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

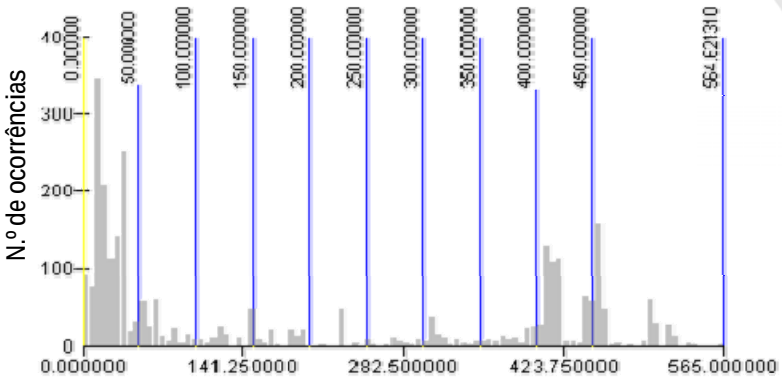


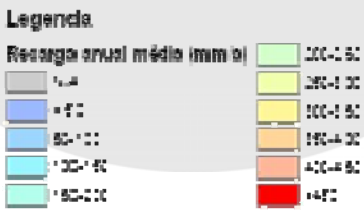
Recarga anual média (sem considerar carsificação): 45 mm/ano

Recarga anual média mm/ano

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



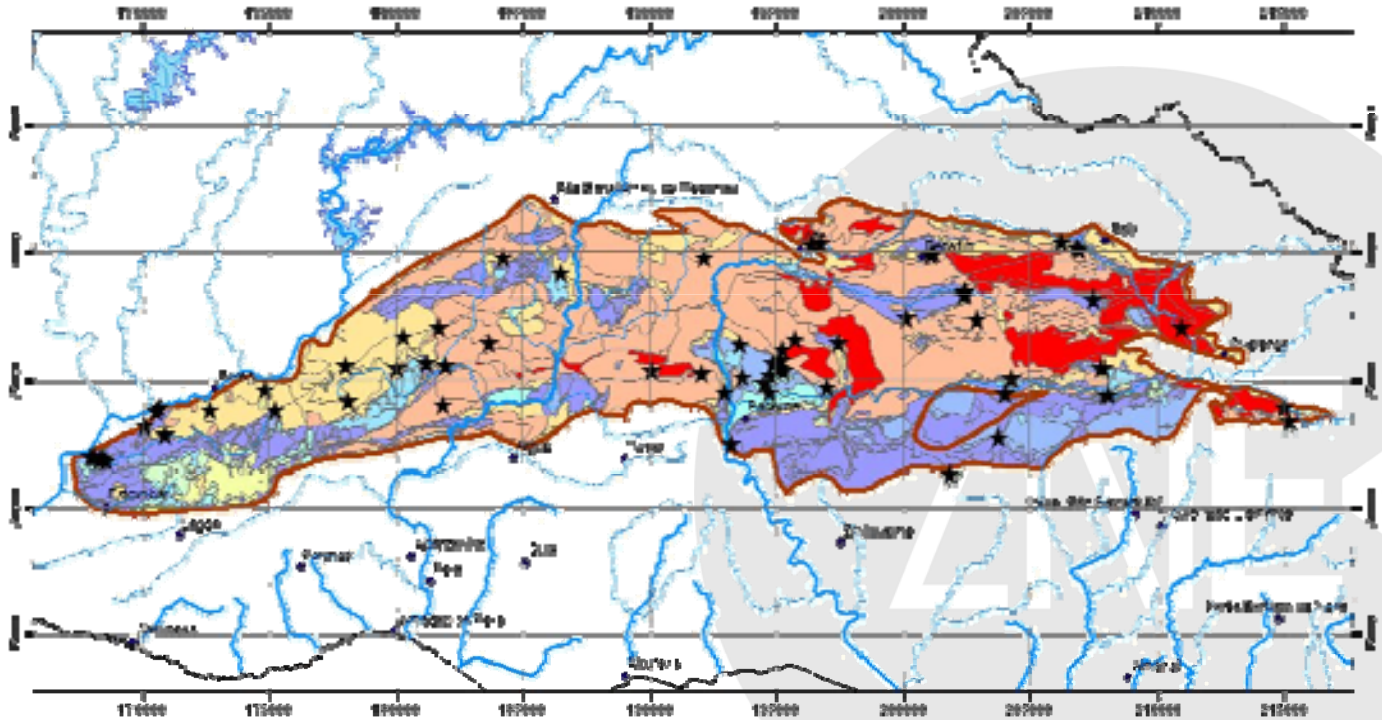


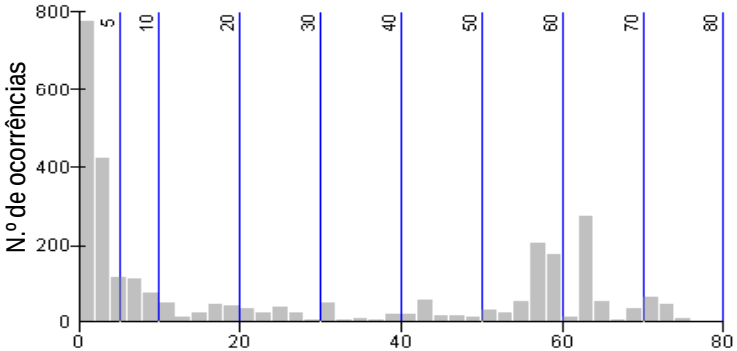


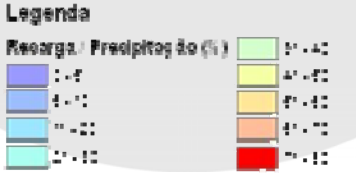
Recarga anual média: 314 mm/ano

Relação Recarga / Precipitação %

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL







Recarga / Precipitação: 45 %

Conclusões I

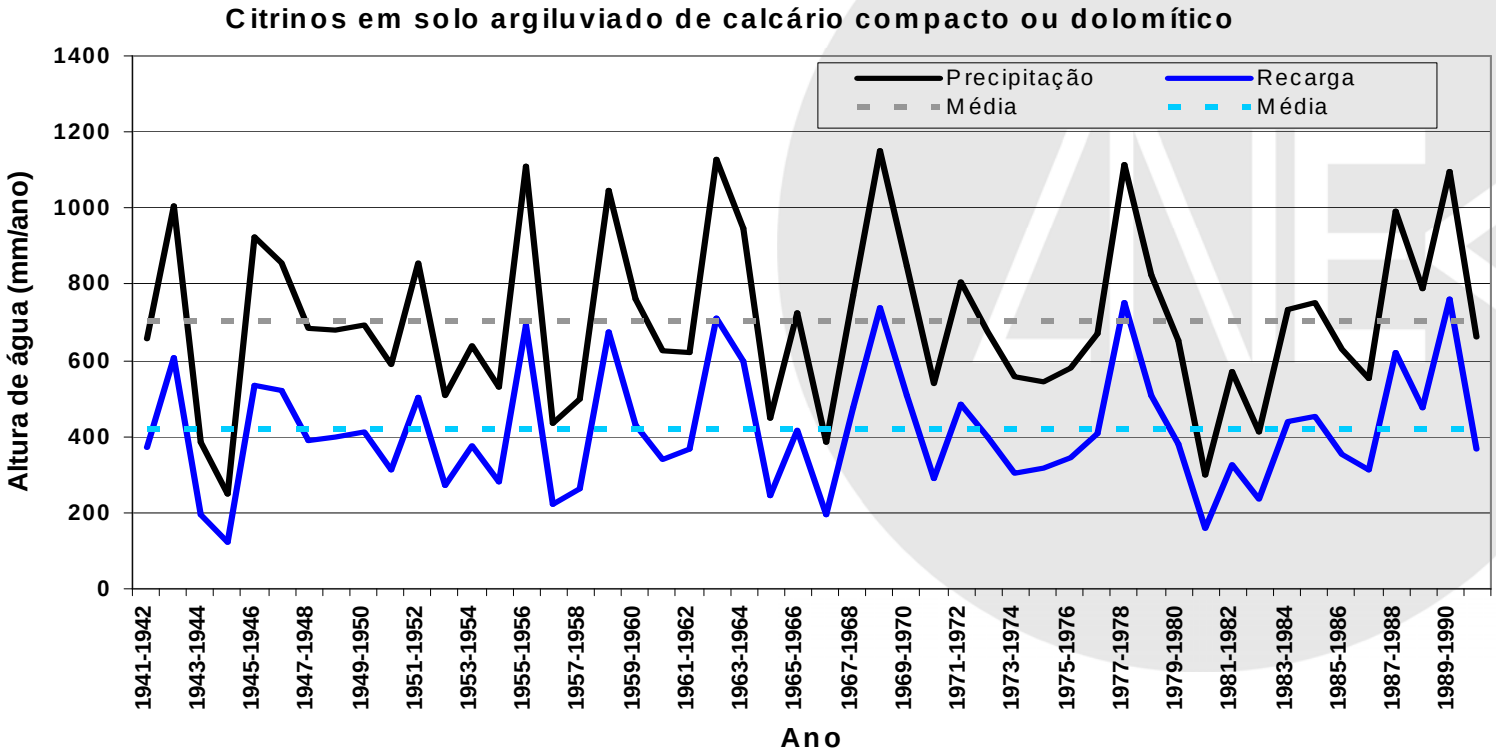
LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

- A precipitação anual média é de 704 mm/ano.
- A evapotranspiração real anual média é de 265 mm/ano.
- O escoamento directo anual médio é de 124 mm/ano.
- O valor de recarga anual média é de 314 mm/ano (equivalente a 100 hm^3/ano).
- A relação entre a recarga anual média e a precipitação anual média é de 45 %.

Conclusões II

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

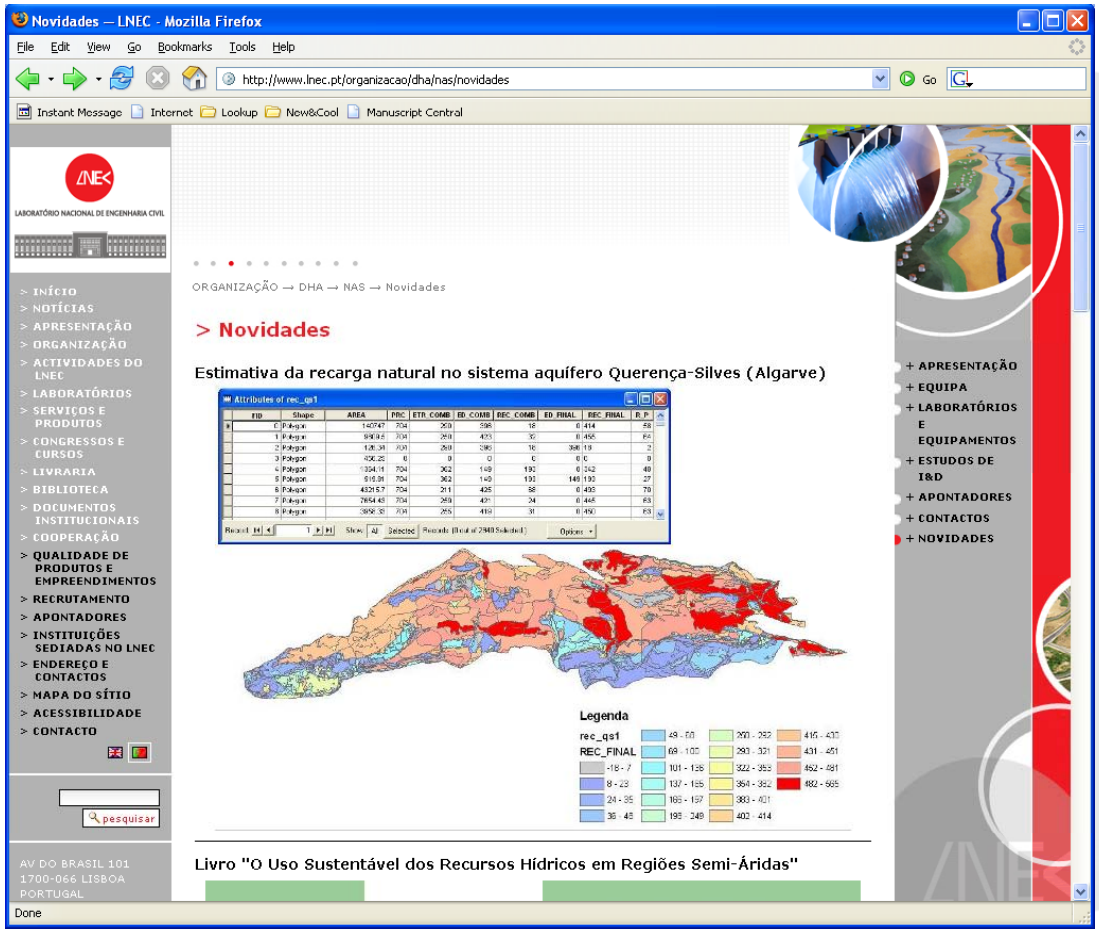
➢Possibilidade de utilizar séries de valores de recarga em vez de recarga média para estudar situações anos secos ou húmidos e inserir esta informação em modelos de escoamento.



Corine LC: 2220 – Pomares (citrinos)
Solos: Vcd – solo argiluviado de calcário compacto ou dolomito
Geologia: calcários carsificados

Disponibilização da informação

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL



Informação disponibilizada em:

http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nas/novidades

http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nas/novidades/recarga_qs

http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nas/novidades/Rec_qs1.zip

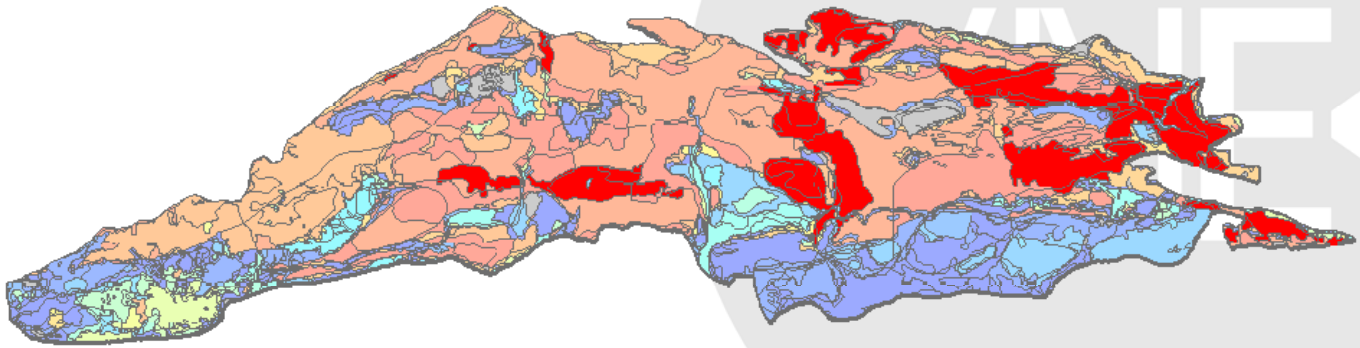
Disponibilização da informação

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

Attributes of rec_qs1

FID	Shape	AREA	PRC	ETR_COMB	ED_COMB	REC_COMB	ED_FINAL	REC_FINAL	R_P
0	Polygon	140747	704	290	398	18	0	414	68
1	Polygon	9809.5	704	260	423	32	0	455	84
2	Polygon	128.34	704	290	398	18	398	18	2
3	Polygon	468.25	0	0	0	0	0	0	0
4	Polygon	1384.11	704	382	149	193	0	342	48
5	Polygon	618.01	704	302	149	193	149	193	27
6	Polygon	43216.7	704	211	425	88	0	493	70
7	Polygon	7854.43	704	259	421	24	0	445	63
8	Polygon	[illegible]	704	255	418	31	0	450	63

Record: 1 Show: All Selected Records (0 out of 2940 Selected.) Options



Legenda

rec_qs1

REC_FINAL

-18 - 7	49 - 68	250 - 292	415 - 430
8 - 23	69 - 100	293 - 321	431 - 451
24 - 36	101 - 136	322 - 353	452 - 481
38 - 48	137 - 165	354 - 362	482 - 685
	166 - 197	363 - 401	
	198 - 249	402 - 414	

Informação disponibilizada em:

http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nas/novidades

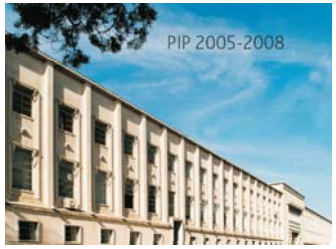
http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nas/novidades/recarga_qs

http://www.lnec.pt/organizacao/dha/nas/novidades/Rec_qs1.zip

Agradecimentos

LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

ASEMWATERNET - Multistakeholder Platform for ASEM S&T Cooperation on sustainable water use
Proc. LNEC 0607/017/15489
EC-DG Research INCO-CT2005-510897



NAS - Proc. 0607/011/16253 PIP 2005/2008
Metodologias para caracterização da exploração, gestão e desenvolvimento sustentável, quantitativo e qualitativo, dos recursos hídricos subterrâneos