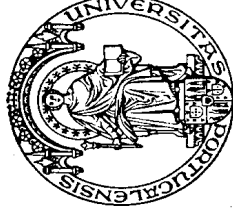


ANA MONTEIRO

CONTRIBUIÇÃO PARA O ESTUDO
DAS IMPLICAÇÕES NO CLIMA LOCAL
GERADOS PELA CONSTRUÇÃO
DE UMA BARRAGEM



UNIVERSIDADE DO PORTO

1988

Contribuição para o estudo das implicações no clima local gerados pela construção de uma barragem*

Ana Monteiro

I — NOTAS PRELIMINARES

Este estudo tem por objectivo avaliar as consequências que a barragem de Crestuma-Lever teve, tem e terá na área em que se situa, área óbviamente fluída e de limites variados consoante os parâmetros analisados.

A barragem de Crestuma-Lever é um empreendimento com múltiplas finalidades, das quais a produção de energia eléctrica é, segundo os especialistas, a de menor importância. A sua construção impôs-se, por ser a última necessária (de um conjunto de cinco) para tornar possível o "Projecto de Navegabilidade do Douro". Quando terminada possuirá um viaduto que ligará Vila Nova de Gaia a Gondomar, com 470m de desenvolvimento, e uma albufeira especialmente atractiva para o turismo e o desporto. Estes dois últimos atributos reforçam-se ao saber da proximidade à Área Metropolitana do Porto.

Sensibilizámo-nos para este problema, quando em Maio de 1983, os *mass-media* retrataram com alguma insistência, conflitos entre duas povoações vizinhas — Crestuma e Lever — a propósito da localização precisa da placa de limite administrativo entre as duas freguesias. A gravidade do conflito pareceu-nos excessiva para ter como único motivo a fronteira administrativa. Algo estaria latente na mente e nos ânimos das populações, que agora extravasavam a sua revolta.

Seria necessário regressar a 1977 — ano do início dos trabalhos de construção da barragem — para compreendermos, como lentamente estas duas freguesias, foram assistindo passivamente à ocupação, transformação e utilização do seu espaço, à modificação dos seus hábitos, dos seus valores, como, foram vendo a sua identidade indivi-

* Resumo das Provas de Avaliação de Capacidade Científica apresentado à Fac. de Letras da Universidade do Porto, 27 Março 1987.

de barragens contribui de variadas formas, para resolver algumas destas carências, mas não pode ser pensada, como uma solução por si só. É legítimo portanto, considerar os prejuízos e os benefícios de um aproveitamento deste tipo.

Um empreendimento como o de Crestuma-Lever provoca necessariamente:

- alterações nas condições climáticas,
- modificação das condições de vida para as espécies aquáticas (peixes e plantas) devido a alterações na turvação, temperatura e regime dos caudais,
- erosão e assoreamento dos leitos,
- alteração dos níveis freáticos e regime de águas subterrâneas,
- alteração na distribuição das pressões sobre a crusta, entre outros.

II — AVALIAÇÃO DE IMPACTES AMBIENTAIS: UM QUADRO TEÓRICO-METODOLÓGICO INOVADOR

Teremos de recuar aos anos cinquenta, para nos apercebermos com que insistência se tornava necessário encontrar uma forma eficaz de garantir que, *crescimento económico e qualidade de vida*, fossem duas condições simultâneas em qualquer espaço bio-físico-social.

A opinião pública dos países desenvolvidos começava então, a exigir de diversas formas que o meio ambiente fosse um elemento explicitamente considerado no processo de tomada de decisão de qualquer acção de desenvolvimento, face à constatação de perda de *bem-estar* que se começava a fazer sentir.

Questões discutidas por especialistas internacionais como a localização do novo aeroporto de Londres ou as tensões criadas pela barragem de Assuão, levaram o poder e os técnicos a repensar o tipo de informação e critérios a utilizar em cada tomada de decisão. Estudos de viabilidade económica, como a *análise de custo-benefício*, aplicada até então como uma panaceia preventiva e curativa de qualquer mau augúrio, não se afirmaram capazes de evitar os problemas ambientais e as tensões sociais criados pelas sucessivas intervenções humanas sobre o espaço, o que se repercutiu a médio e longo prazo em prejuízos também económicos.

Foi com grande sentido de oportunidade que surgiu por volta dos anos setenta, uma forma inovadora de abordagem destas questões: a *Avaliação de Impactes Ambientais*, conhecida usualmente por E.I.A. (Environment Impact Assessment) nos países onde desabrochou.

L. Canter professor e director do Instituto de Recursos Hídricos e Ambiente da Universidade de Oklahoma, E.U.A., autor de inúmeras obras de consulta fundamental sobre métodos e técnicas de aplicação de E.I.A., solicitado a participar em várias equipas de trabalho para a elaboração de estudos de avaliação de impactes ambientais nos E.U.A. e no estrangeiro, apresentou recentemente, uma proposta sequencial de actividades para a execução de estudos de E.I.A., resultado da sua vasta experiência em espaços físico-sociais e legislativos, e, tipos de projectos diferentes. Pela sua importância, discriminaremos os seus principais pontos (Canter, 1986):

- 1 – Preparação e descrição das necessidades do projecto-PDN
- 2 – Identificação da informação disponível-IID
(legislação, regulamentos, padrões ambientais e outro tipo de informação sobre a área ou tipo de projecto)
- 3 – Identificação de potenciais impactes-IPI
(utilização de instrumentos metodológicos e juízos profissionais que permitam detectar as alterações potenciais)
- 4 – Preparação da descrição-PD
(descrição do meio ambiente afectado)
- 5 – Previsão de impactes-PI
(previsão dos impactes no tempo, no espaço, e em magnitude)
- 6 – Avaliação e interpretação-AI
(avaliação e interpretação dos impactes previstos)
- 7 – Identificação de medidas-IM
(identificação e avaliação de medidas para minorar e/ou eliminar os impactes negativos)
- 8 – Seleção de alternativas-SA
- 9 – Preparação de documento escrito-PD
- 10 – Identificação de programas de monitorização-IPM

O autor sugere como instrumentos metodológicos fundamentais a utilização das listas de controle ou *checklists*, as matrizes de interacção e as árvores de ligação.

Da figura 1 infere-se que não há uma metodologia única, capaz de responder de uma forma satisfatória, ao conjunto de actividades no âmbito dos estudos de E.I.A. Cada método, é utilizado para fases específicas do estudo de impactes de um projecto, qualquer que ele seja. Torna-se assim imprescindível o conhecimento de cada um, para ser possível seleccionar a metodologia mais apropriada a responder às questões que são colocadas ao longo do processo de trabalho, tendo sempre presente que qualquer das metodologias deve garantir:

- a inclusão no estudo dos factores básicos determinantes;
- a comparação e avaliação de alternativas numa base comum;
- a possibilidade de detectar onde existe falta de informação.

ACCÕES

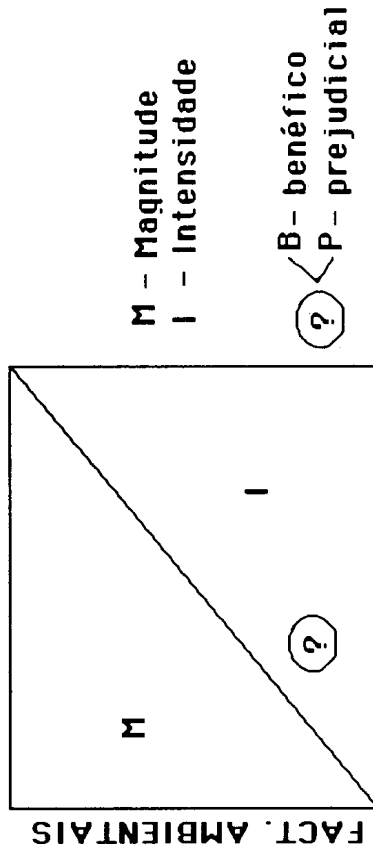


Fig. 2 - Preenchimento de um quadrado na matriz de Leopold

A consulta de matrizes como a de Leopold *et al.* (1971), servem como orientação e podem ser utilizadas parcial ou totalmente, se o caso em estudo, ou a fase de trabalho o justificar. L. Canter (1986) reconhece grandes vantagens na utilização desta metodologia para identificação de potenciais impactos ambientais, preparação da descrição do meio ambiente, seleção de alternativas e preparação do documento escrito.

b) Listas de controle (*checklists*)

As listas de controle mais simples ou «descritivas», limitam-se a apresentar uma listagem de factores ambientais, tentando quanto possível, sistematizar a recolha e tratamento da informação necessária para a avaliação de um dado impacto ambiental. É uma metodologia de grande utilidade na fase de elaboração de uma política ambiental ou nos primeiros tempos de vigência da mesma. Um conjunto de *checklists* deste tipo foi desenvolvido nos E.U.A. e Canadá respeitantes a projectos de aproveitamentos hidráulicos (Anexo I, 2), onde se descrevem ordenadamente os dados mais importantes a recolher e os modelos (se os houver) a consultar, em cada passo do processo de estudo.

Existe um outro tipo de *listas de controle*, as «classificadas», nas quais se utiliza uma letra ou um número que dão significado ao impacto de cada alternativa em avaliação, para cada factor ambiental identificado. Dee *et al.* (1972), elaboraram uma lista classificada para projectos relativos a recursos hídricos, com 78 factores ambientais envolvidos, onde se conseguiu ponderar cada componente e cada factor, atribuindo-lhes um número definidor da sua importância relativa (Anexo I, 3).

teriormente neste trabalho, ou iludi-los com relatórios optimistas, não é solução para este nem para caso algum. Ainda que a implantação da barragem Crestuma-Lever naquele ecossistema, tivesse sido precedida de um eficaz estudo de avaliação de impactes, o simples aparecimento de tensões sociais seria motivo suficiente para iniciar novo estudo a fim de detectar causas e minorar consequências.

A nossa formação geográfica leva-nos a estar atentos a este tipo de questões ligadas à manutenção de um meio ambiente equilibrado, em sintonia com a satisfação das necessidades do ser humano. O facto da resolução destes problemas não ser um caminho novo a desbravar, mas simplesmente a aplicação sistematizada de um conjunto de procedimentos já testados em muitos países e em situações diversas, é garante de que o contributo que aqui deixamos, se enquadrado numa metodologia correcta, é passível de rectificar na prática os desequilíbrios existentes. Perspectivamos para a avaliação das consequências da barragem de Crestuma-Lever, a análise qualitativa e quantitativa de inúmeros índices, de forma a preencher uma matriz inicial do tipo (Fig. 3).

Como atrás ficou dito, o preenchimento de uma matriz de identificação de impactes (Fig. 3), obriga ao estudo de cada elemento do ecossistema afectado, de forma a emitir juízos de valor sobre a sua susceptibilidade face ao aparecimento da barragem.

Constituindo este trabalho uma síntese a apresentar como provas de capacidade científica, visando avaliar as capacidades do candidato

EFEITOS	ATMOSF.	TERRA	ÁGUA	FLORA	FAUNA	HOMEM
		Microclima	Erosão Sedimentação Estabilidade de Vertentes Nível Freatico	Temperatura Salinidade Conteúdo Mineral Conteúdo Orgânico	Plantas Aquáticas Plantas Terrestres	Animais Terrestres Animais Aquáticos
OBJECTIVOS						
Produção de Energia						
Navegabilidade						
Área de Recreio						
Ponte Rodoviária N-S						

Fig. 3 - Matriz de potenciais impactes da barragem de Crestuma-Lever

Debatemo-nos desde início com a inexistência de estações meteorológicas na área de trabalho, e a falta de recursos financeiros para as instalar, ainda que temporariamente. Aqui, como em muitas outras intervenções no espaço, as entidades responsáveis preocupam-se quase exclusivamente, na resolução de problemas técnicos ligados à concretização da obra, esquecendo-se que alterações importantes, como as provocadas no microclima, além de afectarem o equilíbrio do ecossistema podem interferir directamente na rentabilidade da própria obra.

O posto meteorológico da Serra do Pilar – Porto (Fig. 4), é o mais próximo detentor de uma longa e diversificada gama de elementos climáticos (desde 1888), mas, dada a sua posição geográfica – junto à foz do rio Douro, influenciado fortemente pelos ventos húmidos de W e funcionando como *espelho* de um importante microclima urbano como é o da cidade do Porto – pouco nos poderá informar das condições climáticas na área de Crestuma-Lever.

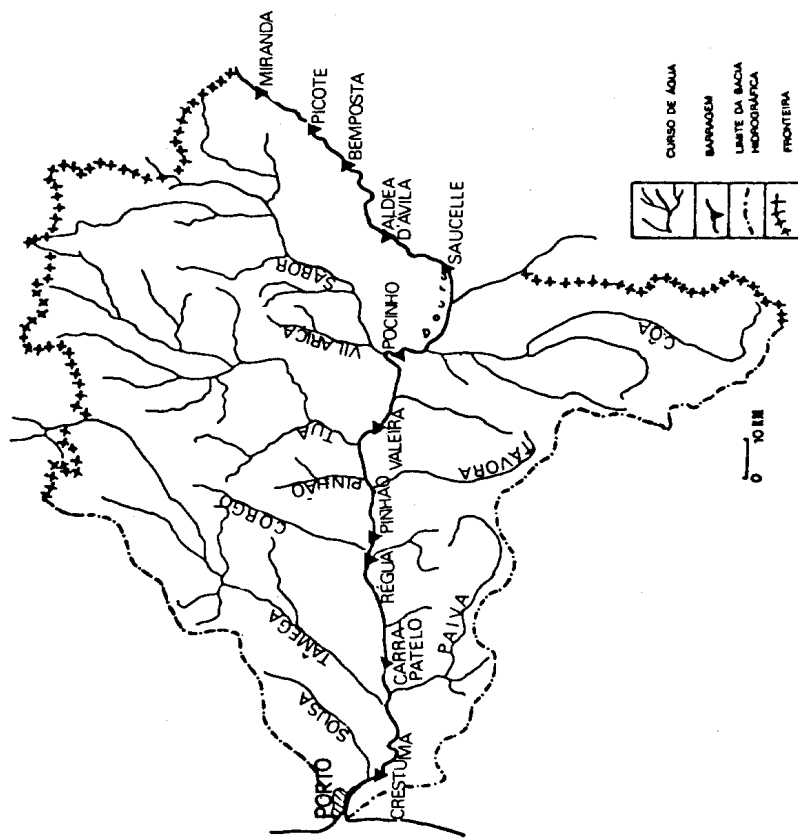


Fig. 4 – Localização do Porto e das barragens Portuguesas na bacia hidrográfica do Douro

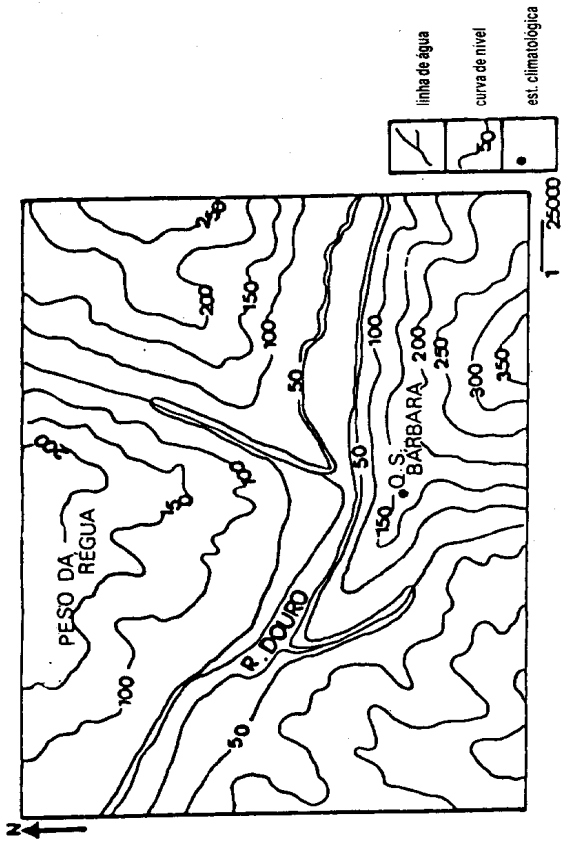


Fig. 7 – Localização de Sta. Bárbara na folha n.º 126 da *Carta Militar de Portugal* (1:25000)

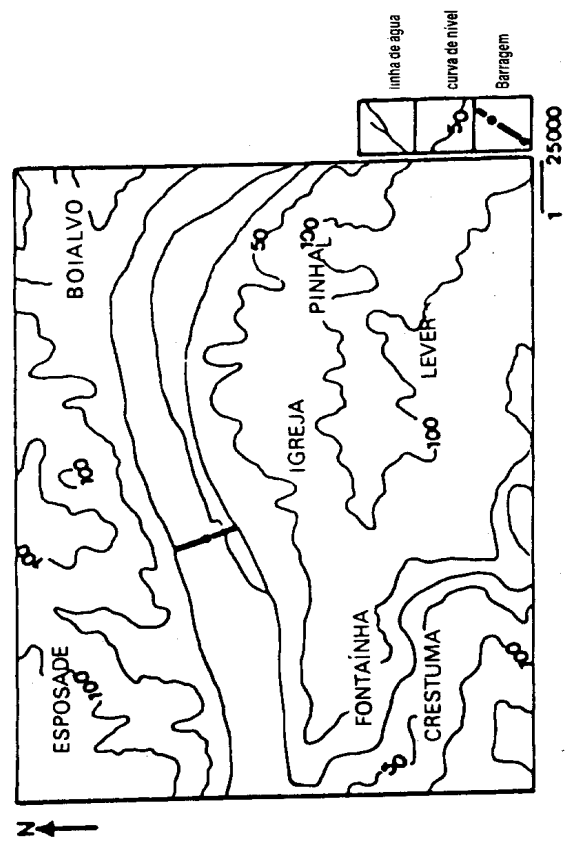


Fig. 8 – Localização de Crestuma-Lever na folha n.º 134 da *Carta Militar de Portugal* (1:25000)

objectivos do trabalho e o escasso número de faltas, pensamos não introduzir *ruido* significativo na informação, preenchendo-as com o valor médio.

2.3 – *Porto-Serra do Pilar-estação de referência*

Pelo que ficou dito em 2.1, poderia parecer estranha a necessidade de que sentimos de tratar estatisticamente a estação da Serra do Pilar, mas ela justifica-se se pensarmos que o nosso objectivo neste diagnóstico é duplo:

- entender o comportamento de cada um dos elementos climáticos, mensalmente, durante os 44 anos de registo (1940-1983);
- tentar detectar alterações no comportamento de cada um desses elementos entre 1940-1970 e 1970-1983.

Tratando em simultâneo uma estação, cuja posição dentro da bacia hidrográfica do rio Douro, pouco nos induzirá dos reflexos no clima local gerados pela presença de lagos artificiais (albufeiras), estamos seguros, no caso em que alguns dos elementos climáticos suscitem a ideia de diferença de comportamento, de sermos capazes, por comparação com a estação de referência, afirmar se coincide com uma tendência geral comum a outras estações ou se poderemos questioná-la em função da presença de condições locais novas.

3 – *Metodologia*

3.1 – *Representação dos dados*

Representamos graficamente, num sistema de eixos cartesianos, a variável tempo em abcissas e em ordenadas, respectivamente: temperatura média mínima, temperatura média máxima, precipitação extrema diária máxima, precipitação total e evaporação total, para os doze meses do ano, nas estações de Paço, Sta. Bárbara e Porto-Serra do Pilar.

Para a representação gráfica recorremos ao auxílio de meios informáticos, com as reconhecidas vantagens e desvantagens. Desvantajoso foi, por exemplo, o facto de ficarmos condicionados a uma dimensão standardizada de eixos; beneficiando, no entanto, de um evidente rigor de traçado e rapidez de execução. Apesar da menor espectacularidade na leitura deste tipo de representação gráfica, pensamos que cumpre os objectivos pretendidos neste trabalho: 1.º – compreender o ritmo de evolução de cada linha poligonal; 2.º – comparar as várias estações (já que optamos por iguais limites máximos de cada eixo para os elementos).

3.3 – Variância – medida de dispersão dos valores

A variância – $S^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N}$ – é o resultado do somatório do

quadrado dos desvios de todos os valores da série em relação à média, sobre o número dos valores dessa série (N), ou seja, é a média aritmética dos quadrados dos desvios em relação à média (\bar{X}). A variância quantifica, portanto, a dispersão dos valores de uma série em torno do seu valor médio. O desvio padrão (S), reconhecido como uma das mais importantes medidas de dispersão, traduz a forma como os valores de uma variável estatística se distribuem em torno dos valores centrais, distingue-se da variância apenas na dimensão do resultado obtido. Enquanto a dimensão da variância é igual ao quadrado da dimensão da variável em estudo, o desvio padrão tem uma dimensão coincidente com a da variável.

Tentamos avaliar a dispersão dos valores de temperatura média mínima, temperatura média máxima, precipitação extrema diária máxima, precipitação total e evaporação total, para Paço e Sta. Bárbara, na série de registos mensais de 1940 a 1983 e posteriormente na série 1940-1970 e 1971-1983, sendo 1970 sensivelmente a data de entrada em funcionamento da barragem da Régua.

À medida que fomos quantificando a dispersão dos valores de cada série, procuramos o intervalo de confiança (ou fiducial), isto é, os limites de um intervalo susceptível de conter o parâmetro estudado. A ideia de intervalo de confiança elaborada por Neyman, seguindo conceitos do célebre estatístico inglês R. Fisher, tem por objectivo encontrar um desvio padrão desconhecido (σ), através do desvio padrão obtido (s), com um grau de confiança escolhido (j). Sabendo s , optando por um dado j , procura-se numa tabela de valores já calculados o correspondente ao número de elementos da nossa série (n), com aquele intervalo de confiança j . Optamos no nosso trabalho por intervalos de confiança de 95% e 99%.

3.4 – Regressão linear – métodos dos mínimos quadrados

Ocorreu-nos a possibilidade de procurar alguma relação funcional que explicasse a distribuição dos valores, e eventualmente verificar se ela se mantém antes e depois da construção da barragem da Régua (1970).

Os elementos climáticos, como qualquer elemento natural, não são passíveis de explicação na totalidade por uma função do tipo $y = f(x)$, mas, se não se comportam de modo inteiramente determinada, eles não são também de forma alguma absolutamente aleatórios. Há limites esperados dentro dos quais é provável que se distribuam as

4 - Interpretação dos resultados obtidos

4.1 - Breves considerações sobre o clima da bacia hidrográfica do Douro

O estudo específico da bacia do rio Douro sob o ponto de vista climático, não foi ainda objecto de estudo por parte de qualquer autor. Embora a sua heterogeneidade sob esse aspecto seja realçada em inúmeros trabalhos portugueses e estrangeiros, onde por vias metodológicas diversas e com quadros teóricos distintos, se tentou encontrar uma *regionalização climática* para o território continental Português. De Lautensach (1967) ao recente trabalho de Suzanne Daveau (1980), passando por Amorim Girão e Orlando Ribeiro, inúmeros foram os ensaios de delimitação e classificação das regiões climáticas Portuguesas.

Amorim Girão no *Atlas de Portugal* (1958), reproduz duas perspectivas diferentes de divisão climática do território nacional, a perspectiva de G. Pery (Fig. 10), e a de G. Dalgado (Fig. 11). Enquanto G. Pery, baseando-se fundamentalmente na influência atlântica e no factor latitude, divide o espaço continental português em sete «zo-

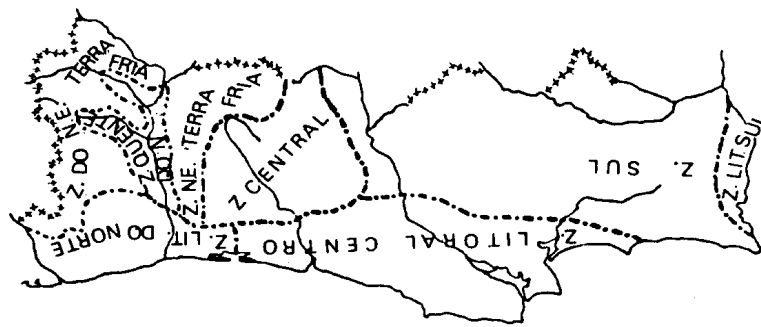


Fig. 10 - Zonas Climáticas portuguesas, seg. G. Pery (Girão, 1958)

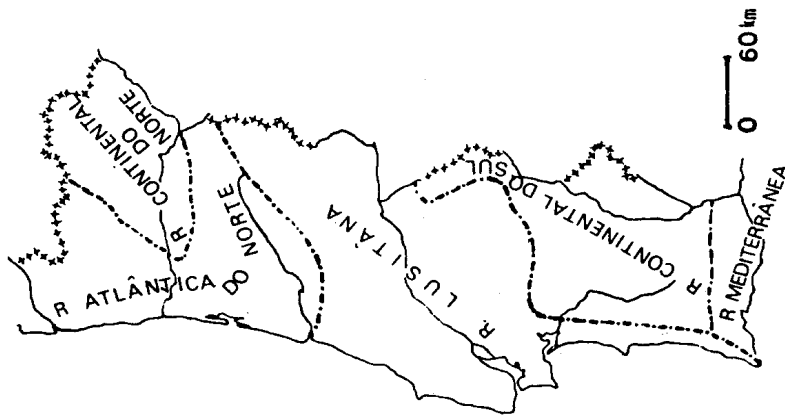


Fig. 11 - Regiões climáticas portuguesas, seg. G. Dalgado (Girão, 1958)

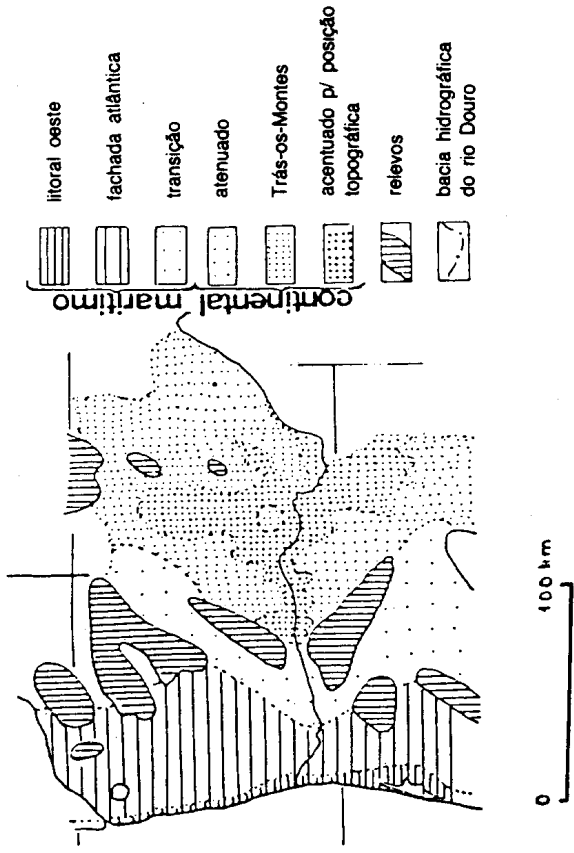


Fig. 12 – Esboço provisório das regiões climáticas de Portugal (Daveau, 1980, adaptado)

Sendo a nossa área de estudo – bacia hidrográfica do rio Douro – uma faixa orientada sensivelmente de ENE/WSW, atravessando todo o território português, assistimos ao desfile de quase todos os tipos de clima considerados desde a fronteira até ao litoral. A influência atlântica diversificada no seio de toda a bacia hidrográfica e uma grande diferenciação topográfica, são o principal motivo da presença de uma gama variada de combinações possíveis dos elementos climáticos como atrás se disse.

Constatam-se assim:

- *áreas de clima tipicamente litoral*, com amplitude térmica anual fraca, frequentes nevoeiros de advecção e sem vagas de calor;
- *áreas de clima de fachada atlântica*, semelhante ao anterior, mas admitindo já alguns dias de calor e outros de frio sensíveis;
- *áreas de clima de transição* com dias francamente atlânticos e outros absolutamente continentais, numa sucessão imprevisível, na dependência da existência ou não de corredores de penetração para ventos húmidos;
- *áreas de clima francamente continental*, de fortes contrastes térmicos inter-estacionais e ausência de precipitação, sendo a nebulosidade (de irradiação) ligada geralmente à presença de depressões topográficas e tendo como efeito uma agudização do carácter repulsivo que lhes seria inerente.

4.2 – *Leitura dos gráficos obtidos*

As figuras 13 a 27 mostram, para qualquer dos elementos climáticos estudados e para todos os meses, uma grande irregularidade de traçado, facto a que não é alheio o tipo de escala escolhido e as características inerentes a cada um deles. No entanto, as margens de variabilidade são diferentes de elemento climático para elemento climático, e consoante a época do ano.

A ordem da análise que se segue referente às três estações, baseia-se apenas na localização geográfica – do interior para o litoral – já que no capítulo dedicado ao clima na bacia hidrográfica do rio Douro, havíamos constatado que cada uma destas três estações se inseria em conjunturas climáticas diversas.

4.2.1 – *Paço*

a) Temperatura

Na figura 13, observa-se a representação gráfica dos valores de temperatura média mínima para os doze meses do ano (valores reais e médias móveis). Considerando as diferenças entre os valores mais elevados e os mais baixos ocorridos nos quarenta e quatro anos, podemos afirmar que o comportamento irregular deste elemento, se atenua de Abril a Setembro, enquanto que nos outros meses do ano a margem de variabilidade para a média mínima é considerável: mais ou menos 8° C.

As temperaturas médias mínimas mais baixas, ocorreram geralmente nos meses de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. É de salientar que os valores mais elevados ocorridos em Novembro e Dezembro aconteceram depois de 1970.

Se observarmos as médias móveis referentes a este elemento climático repararmos que depois de 1970, os valores sofrem um ligeiro aumento nos meses de Junho, Agosto e Setembro, apresentando uma grande estabilidade em Abril ao longo de todo o período estudado. Em Janeiro, Fevereiro, Novembro e Dezembro, meses onde as flutuações são consideráveis, não facilita a percepção de qualquer alteração.

Os gráficos representativos do comportamento das temperaturas médias máximas (Fig. 14), apresentam uma grande irregularidade de comportamento, sempre dentro de um intervalo mais alargado do que o anterior. Mesmo nos meses de Novembro, Dezembro e Janeiro – os que ao longo dos quarenta e quatro anos, registaram valores muito próximos de uns anos para os outros – são ligeiramente mais diversificados do que os da temperatura média mínima. Considerando todo o período de análise apenas se constata regularidade de comportamento nos meses de Primavera e Verão.

Fig. 14 - Representação gráfica dos valores de temperaturas médias máximas (TM) e médias móveis de 5 anos (MM) para Paço (I.V.P., 1940-83).

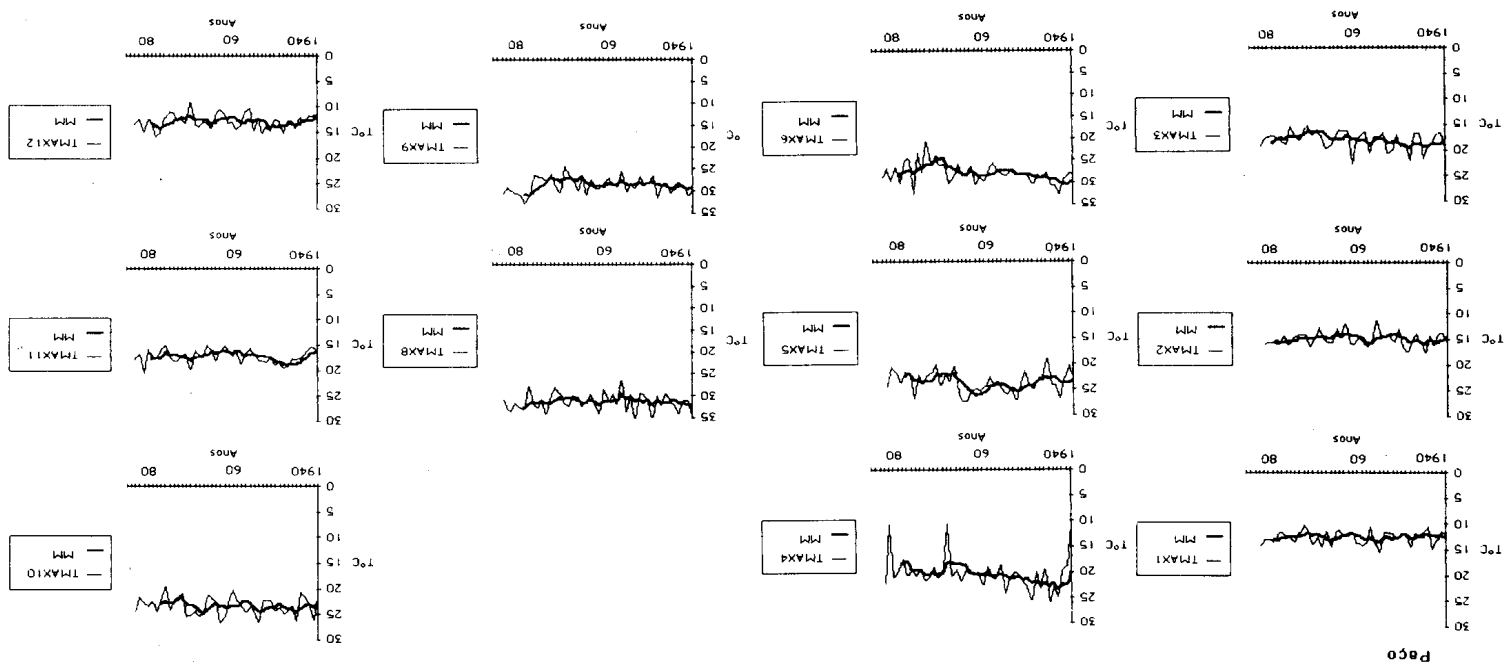
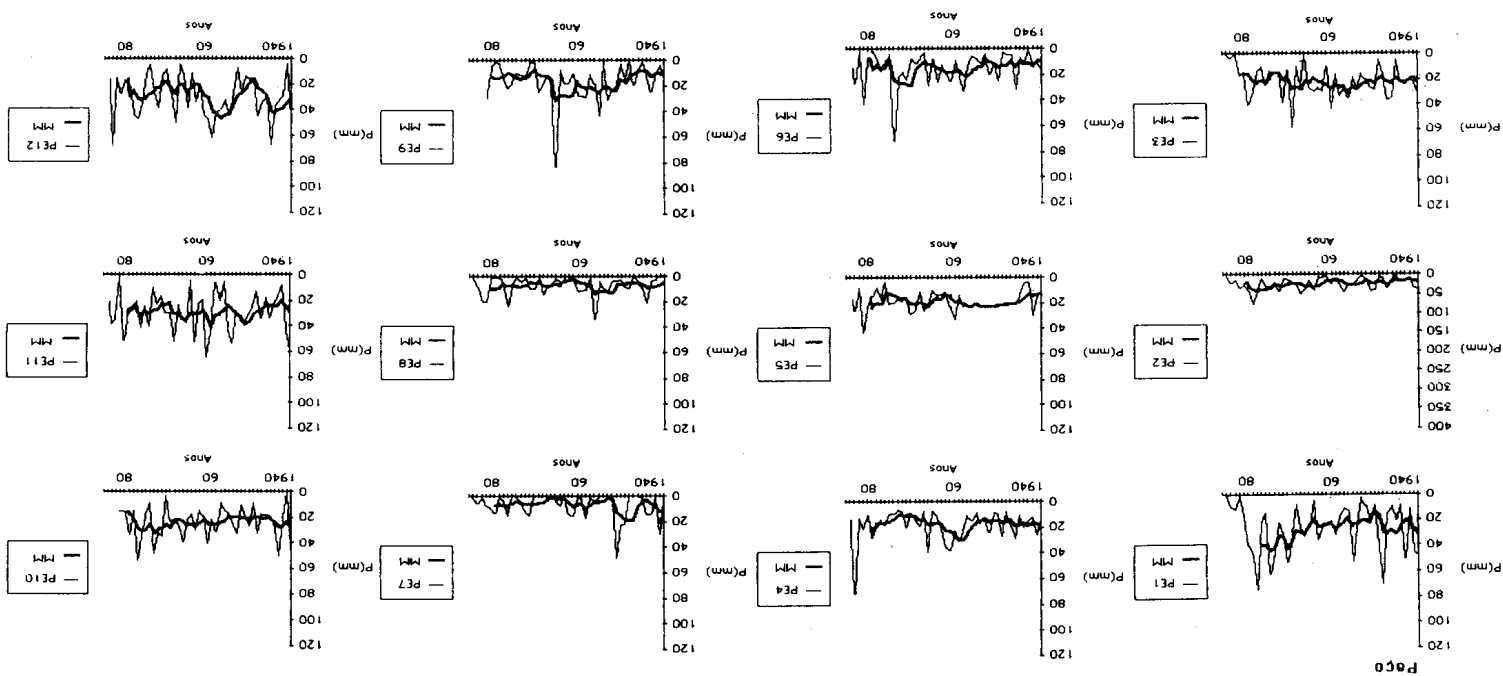


Fig. 15 - Representação gráfica dos valores de precipitação extrema diária máxima (PE) e média móvel de 5 anos (MM) para Paço (I.V.P., 1940-83).



c) Evaporação total

A leitura dos diagramas rectangulares da figura 17, terá de ser complementada com a ajuda das anteriores. Assim, aperceber-nos-emos como a margem de variabilidade dos valores de evaporação ocorridos é menor em Janeiro, Fevereiro, Novembro e Dezembro (sensivelmente 50 mm) e maior entre Maio e Setembro. O comportamento das curvas de evaporação é semelhante ao que apontamos para as temperaturas médias máxima e mínima.

Se nos fosse visualmente possível sobrepor a imagem dos gráficos até aqui analisados, seria fácil apearbermo-nos de um paralelismo de comportamento entre este elemento e o da temperatura e uma quase simetria com os da precipitação. Considerando apenas a representação gráfica das médias móveis, verificamos que é nos meses de Primavera e Verão que este elemento climático assume maior regularidade de comportamento antes e depois de 1970.

4.2.2 - Sta. Bárbara

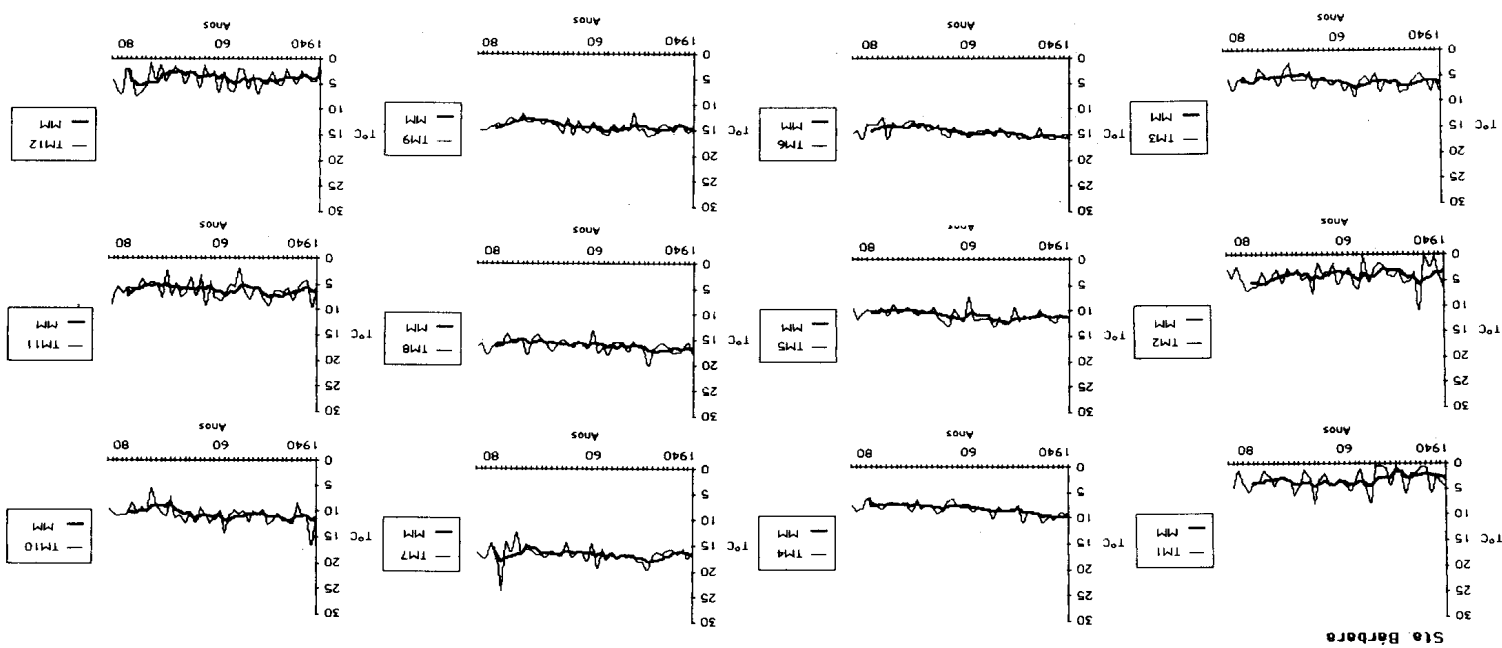
a) Temperatura

Através da figura 18 podemos ver como na estação de Sta. Bárbara os meses com valores mais baixos, que atingem mesmo os 0° C em alguns anos, são Dezembro, Janeiro e Fevereiro. Os valores mais elevados são Julho e Agosto. Julho é também o mês em que a diferença de valores registados nos quarenta e quatro anos em análise foi mais alargada. O valor mais elevado ocorrido no mês de Julho verificou-se em 1973 (23.7° C). Novembro e Dezembro, assistiram à ocorrência do valor mais elevado de temperatura média mínima, também depois de 1970.

Ao longo dos quarenta e quatro anos de análise não se vislumbra qualquer tendência, já que, quer os valores reais quer as respectivas médias móveis apresentam uma grande irregularidade de traçado. Se observarmos apenas o comportamento deste elemento em Fevereiro, Julho, Setembro e Outubro constatamos que há de facto uma ligeira inflexão positiva da curva no período 1970-83. As flutuações são no entanto, tão suaves que não é possível distinguir blocos temporais em que este elemento, tenha assumido comportamento distinto.

A observação conjunta dos diagramas presentes na figura 19 testemunha o comportamento irregular dos valores de temperatura média máxima, neste lapso de tempo. Diferenças superiores a 10° C, entre os valores registados para Julho, Agosto, Setembro e Novembro, e sempre superiores a 6° C para os restantes meses do ano, denunciam a difícil percepção de qualquer linha tendencial de comportamento deste elemento climático.

Fig. 18 - Representação gráfica dos valores de temperaturas médias mínimas (TM) e médias móveis de 5 anos (MM) para Sta. Bárbara (I.V.P., 1940-83).



Sta. Bárbara

A temperatura média máxima em Junho, Julho e Agosto parece ter vindo a sofrer um decréscimo ao longo de todo o período de análise (o que se nota especialmente na representação gráfica referente às médias móveis). Dividindo o período de análise em 1940-69 e 1970-83, repara-se que neste último bloco temporal e nos meses de Maio, Junho, Agosto e Outubro, observamos uma tendência para um ligeiro aumento (quando, recorde-se, o comportamento global era exactamente oposto), enquanto no mês de Setembro a diminuição é acelerada depois de 1970. As flutuações são no entanto, tão suaves e a um ritmo tão irregular, que não permitem definir períodos de comportamento claramente distintos.

b) Precipitação

A leitura da figura 20, mostra-nos que nesta estação os valores ocorridos de precipitação extrema diária máxima são muito variáveis de ano para ano, mas mais no Inverno do que no Verão. O mês de maior amplitude de variação dos valores extremos ocorridos num dia, é sem dúvida Março (Fig. 20), sendo aqui a diferença entre os limites máximo e mínimo, de 170 mm. Junho, Julho e Agosto são os meses em que ao longo dos 44 anos, os registos assumiram os valores mais baixos e próximos entre si.

A precipitação total é mais elevada de Novembro a Fevereiro, (Fig. 21), apesar de em alguns anos, mesmo nestes meses não ter ocorrido qualquer tipo de meteoro aquoso, donde a impressão visual de grande irregularidade nos gráficos correspondentes. Julho e Agosto são os meses em que, à excepção de dois ou três anos, os valores de precipitação total são pouco significativos.

Não é perceptível qualquer mudança no comportamento deste elemento climático, antes e depois de 1970, embora a representação das médias móveis nos sugira a partir de 1970, um ligeiro aumento nos meses de Inverno, dos valores extremos diários e, uma diminuição dos totais mensais na mesma época do ano.

c) Evaporação total

Junho, Julho e Agosto são os meses em que a evaporação assume os valores mais elevados nesta estação (Fig. 22) e Novembro e Dezembro aqueles em que a evaporação total registada foi para todos os anos estudados, simultaneamente mais baixa e teve uma distribuição mais homogénea. Os únicos valores que se destacam do conjunto, em Dezembro, ocorreram depois de 1970.

A representação gráfica das médias móveis indica depois de 1970 um aumento em Maio, Junho, Julho e Agosto, enquanto sugere uma diminuição em Janeiro, Outubro e Novembro, Fica-se portanto com a

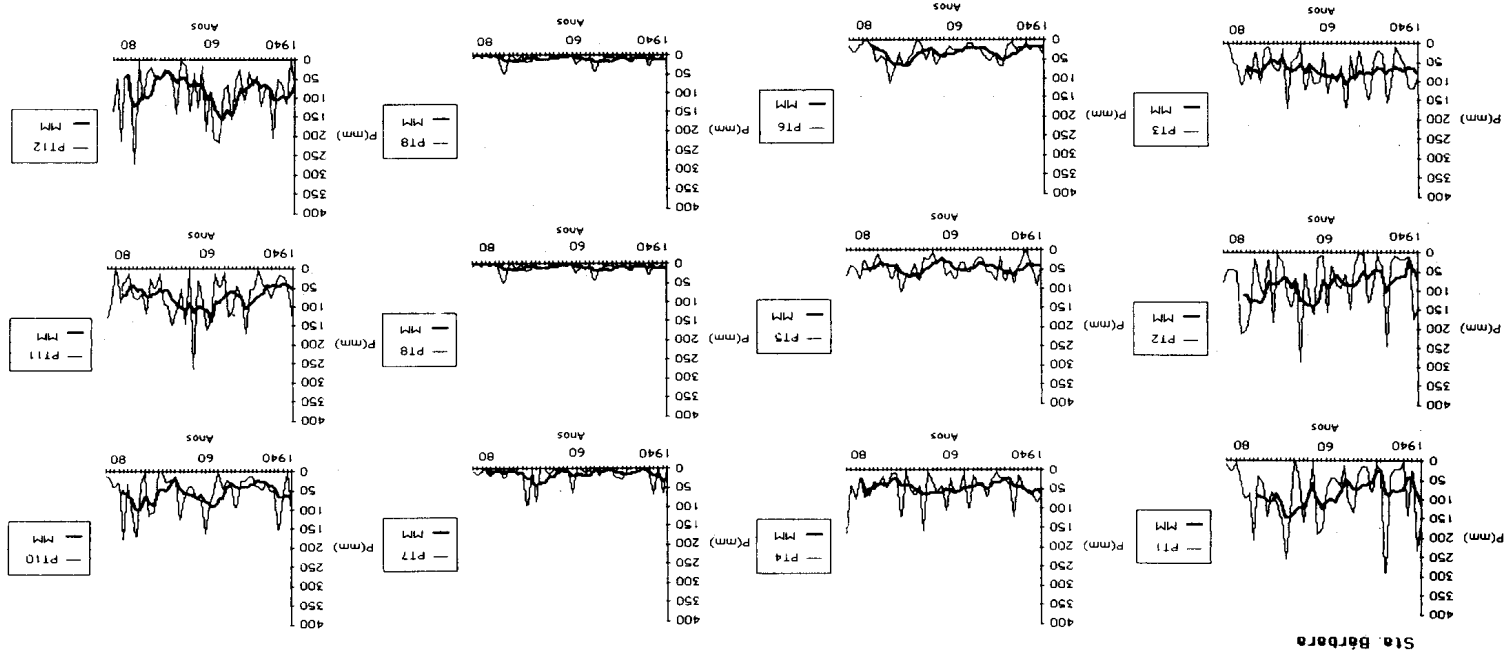


Fig. 21 – Representação gráfica dos valores de precipitação total (P) e média móvel de 5 anos (MM) para Sta. Bárbara (I.V.P., 1940-83).

impressão de que, depois de 1970, a diferença entre Verão e Inverno se acentuou. Repare-se que os limites máximos e mínimos de evaporação nesta estação, são sempre superiores aos de Paço, qualquer que seja a época do ano.

4.2.3 – Porto – Serra do Pilar

a) Temperatura

Os registos das médias de temperatura mínima, ao longo dos meses do ano, na estação da Serra do Pilar (Fig. 23), são mais irregulares de Novembro a Fevereiro do que de Maio a Agosto. Em qualquer dos casos, os valores mais baixos de qualquer dos meses do ano são superiores aos das estações anteriormente estudadas. Enquanto que os registos mais elevados estão na época de Verão, abaixo dos ocorridos em Paço e Sta. Bárbara, os de Inverno estão acima dos registados nas anteriores estações, o que traduz desde já, a influência da acção amizadora do oceano.

A leitura dos valores das médias móveis para este elemento climático, revela uma ligeira tendência decrescente ao longo de todo o período em análise (1900-1983), durante os meses de Verão, e uma grande irregularidade de comportamento nos restantes meses do ano.

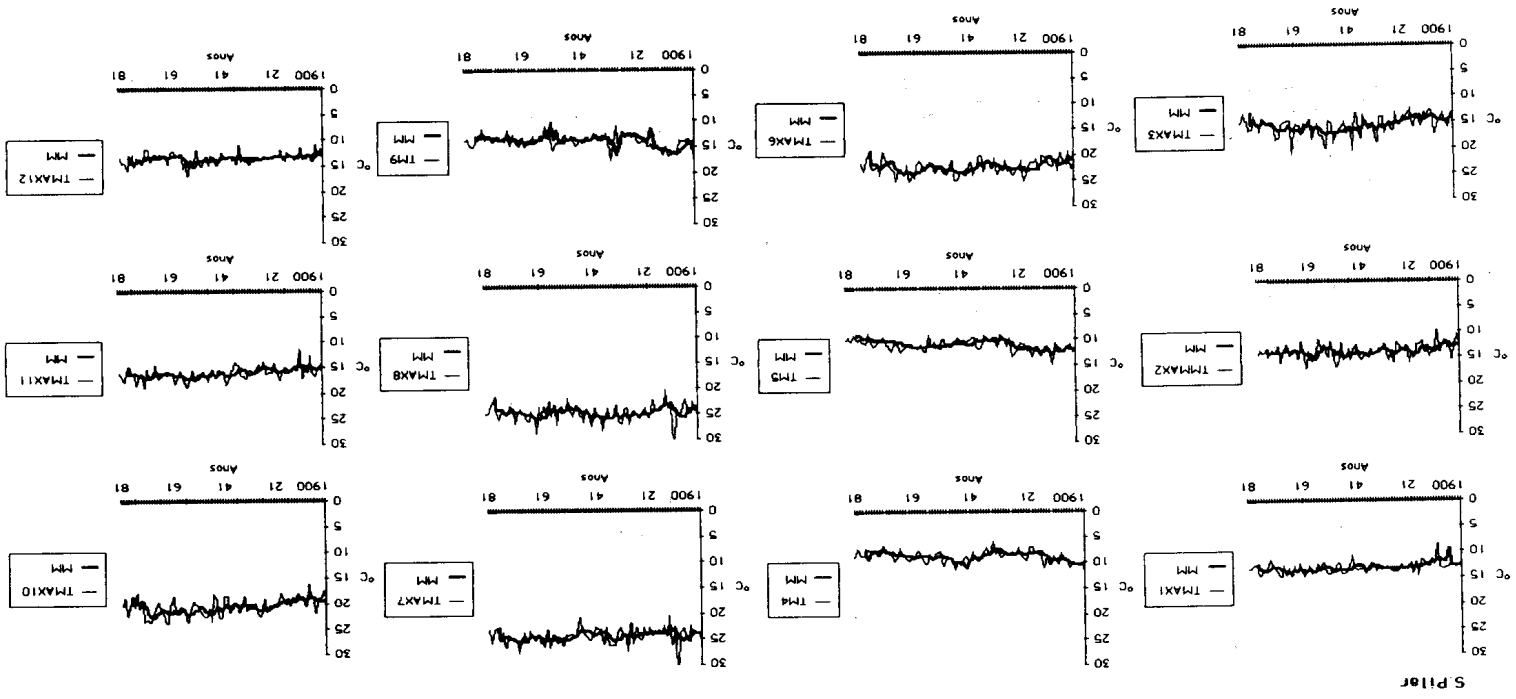
As temperaturas médias máximas (Fig. 24), não são tão elevadas como nas estações de Paço e Sta. Bárbara. Assumem valores mais elevados nos meses de Verão, mas o seu comportamento ao longo dos oitenta e quatro anos é menos irregular (sensivelmente 7° C de diferença entre o limite máximo e mínimo). As flutuações suaves da temperatura média mínima e média máxima tornam impossível detectar mesmo no caso das médias móveis, qualquer alteração no comportamento ao longo do período estudado.

b) Precipitação

As extremas diárias máximas de precipitação são elevadas, qualquer que seja o mês do ano que observemos (Fig. 25). Julho e Agosto, são os meses em que ocorreram os valores mais baixos. Apesar de em alguns anos não ter sido registada qualquer precipitação durante os meses de Julho e Agosto, anos houve em que num só dia ocorreram mais de 50 mm. Os valores mais elevados de precipitação em 24 horas, aconteceram em Outubro e Novembro (mais ou menos 100 mm), mas Setembro e Dezembro registaram máximos diários de 80 mm, com alguma frequência.

A precipitação total (Fig. 26), é também caracterizadora do posicionamento geográfico *sui generis* desta estação. Apenas Julho e Agosto registaram valores de precipitação baixos, desprezíveis mesmo,

Fig. 24 - Representação gráfica dos valores de temperaturas médias máximas (TM) e médias móveis de 5 anos (MM) para Porto-Serra do Pilar (I.G.U.P., 1888-1985).



S. Pilar

Fig. 26 - Representação gráfica dos valores de precipitação total (PT) e média móvel de 5 anos (MM) para Porto-Serra do Pilar (I.G.U.P., 1888-1985).

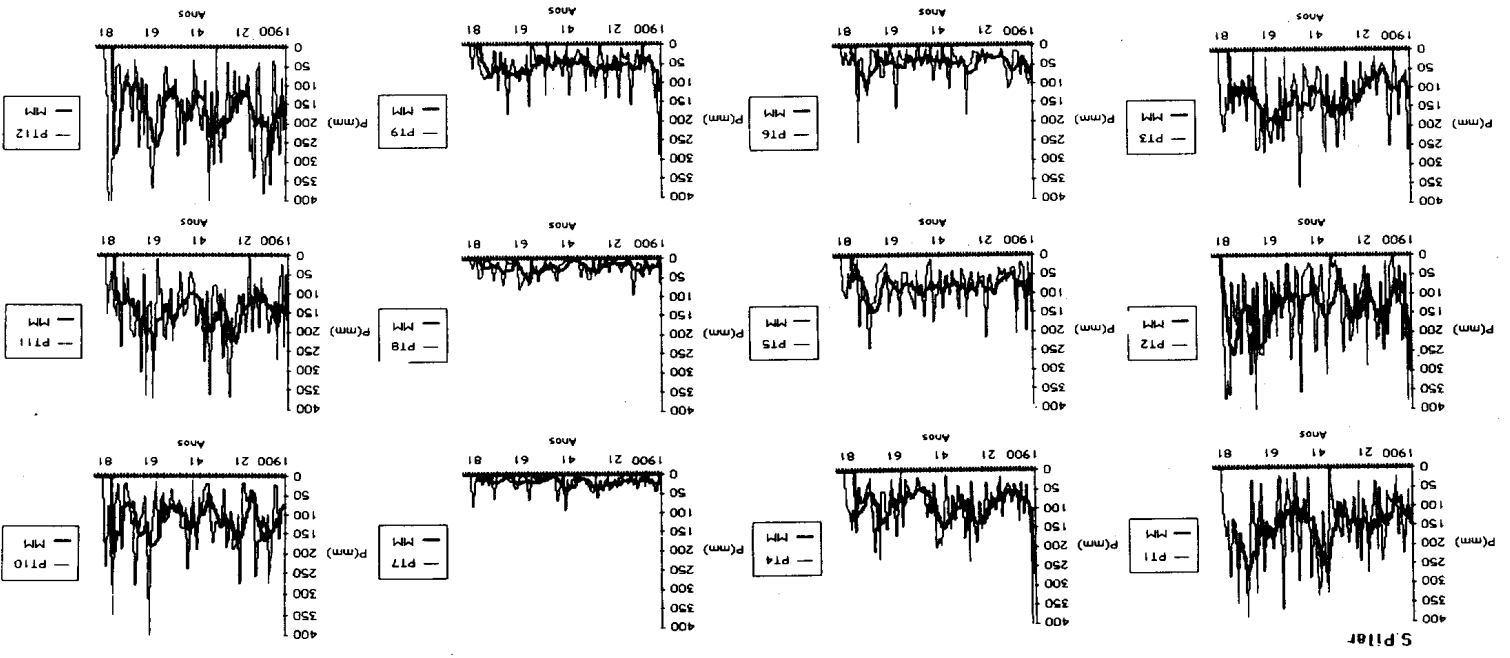
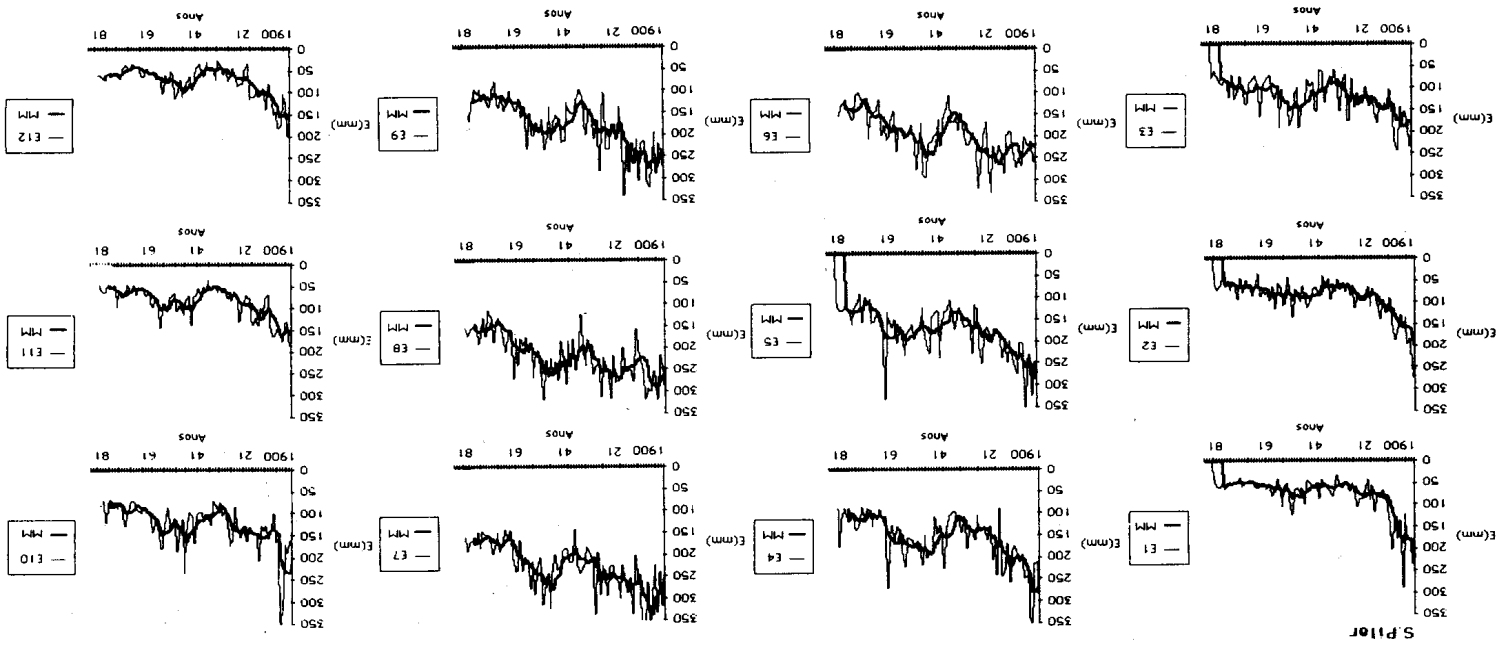


Fig. 27 - Representação gráfica dos valores de evaporação total (E) e média móvel de 5 anos (MM) para Porto-Serra do Pilar (I.G.U.P., 1888-1985).



b) Sta. Bárbara

Os valores de temperatura média mínima de Janeiro indiciam-nos tendência crescente em qualquer dos blocos temporais constantes, enquanto em Julho a tendência é decrescente para todos os casos.

O registo dos valores de temperatura média máxima não apresentam qualquer tendência nas amostras analisadas para Janeiro, evidenciando em Fevereiro, Julho e Agosto, uma maior frequência de valores próximos do limite mínimo.

Os valores de precipitação total assumem indiferenciadamente quaisquer valores dentro dos limites considerados.

Os valores de precipitação extrema diária máxima proporcionam-nos uma imagem linear com sentido positivo nos meses de Inverno e grande irregularidade no Verão.

A recta de ajustamento para a evaporação total é de sinal positivo de 1940 a 1983 e de 1940 a 1970, com uma suavização dessa inclinação no terceiro bloco temporal em análise.

c) Porto – Serra do Pilar

A temperatura média mínima não apresenta qualquer tendência nos meses de Inverno e uma inclinação negativa nos meses de Verão.

Os valores de temperatura média mínima têm vindo a aproximarem-se dos limites máximos e em ambas as épocas do ano, se considerarmos todo o período ou o de 1900-1970, não apresentando no período 1970-1983 qualquer tendência.

As precipitações total e extrema diária máxima apresentam ligeira inclinação crescente ou mesmo nenhuma tendência nos meses de Inverno, e inclinação decrescente ou imperceptível nos meses de Inverno.

A evaporação total em qualquer período e em qualquer época do ano evidencia uma tendência decrescente nítida.

IV – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabendo a multiplicidade de fluxos de entrada e saída de energia, e, os infinitos processos que no seio do *sistema climático* se desenrolam, acrescido do conhecimento da grande capacidade de criar mecanismos próprios de resposta-defesa contra a sua destruição, não constitui surpresa, nem desalento, o facto de não podermos concluir algo de novo e contundentemente conclusivo sobre a *influência de uma barragem no clima local* e, daí generalizar para os processos que de momento se poderão estar a desenrolar na nossa área de estudo – a área envolvente da barragem de Crestuma – motivando quem de direito a intervir correctamente.

Não foi nem é também esta a atitude que assumimos desde início. O nosso objectivo era provar através, de um exemplo, que é possível.

dos raios solares, criando balanços energéticos diferentes, e desencadeando finalmente um processo de fuga à entropia, que não conseguimos até este momento quantificar.

O trabalho começa agora, connosco ou com qualquer outro investigador, porque diagnosticada a conjuntura climática nesta área, somos impelidos a prosseguir na busca de resultados comparativos de outras estações, que elucidem o modo, velocidade e rumo das modificações introduzidas em que teoricamente acreditamos.

Não ficou de igual modo provado, por omissão de investigação, que a área envolvente do vale do rio Douro, tem sido vítima de atropelos, nomeadamente nas suas características climáticas, donde todos os caminhos apontem para o prosseguimento de análises específicas noutras estações existentes e/ou localizadas por nós, visando entender o complexo sistema climático a esta escala de análise.

Os projectos de regularização e aproveitamento energético das águas do rio Douro e afluentes, como Crestuma-Lever, não têm vindo a afectar exclusivamente as condições climáticas que adicionadas à topografia, geologia e natureza dos solos, conferem a esta área uma diversidade com honras de grande peso na economia nacional.

Inúmeras são as questões passíveis de ser levantadas e de urgente resolução, que se nos colocam:

- Como impedir que a intrmissão no regime natural deste rio, não se faça sentir, por exemplo, na alteração da profundidade da barra do Douro?
- Como travar os desequilíbrios nas vertentes (de forte inclinação e importante escorrência superficial não canalizada) agora acelerados pela abertura de cortes e remoção de vegetação?
- Quais serão os efeitos da subida do nível hidrostático pela submersão das áreas marginais?
- Como resolver problemas tão graves como o impedimento da passagem de espécies migradoras, como o sável, a lampreia, o esturção, a truta marisca, o salmão ou a enguia e a tainha?
- Como solucionar a submersão dos areais a montante utilizados por estas espécies para a desova?

O rio pode tornar-se efectivamente para as áreas vizinhas, o polo de desenvolvimento que deixou de ser depois de 1950, em favor de núcleos urbanos como o Porto, actualmente congestionados e sem capacidade estrutural e funcional para responder a uma área de influência tão alargada.

A ponte de ligação rodoviária Norte/Sul de Crestuma-Lever pode, se ligada a uma marginal Sul inexistente, gerar efectivamente condições de desenvolvimento para uma área onde os contrastes de infra-estruturas são tão díspares. Por um lado, uma população activa

ANEXOS

Anexo | 1. -- Acções e indicadores ambientais na matriz de interacção de Leopold (Leopold *et al.*, 1971).

Actions		Environmental items	
Category	Description	Category	Description
A Modification of regime	a Exotic fauna introduction	A Physical and chemical characteristics	
	b Biological controls	1 Earth	a Mineral resources
	c Modification of habitat		b Construction material
	d Alteration of ground cover		c Soils
	e Alteration of ground water hydrology		d Land form
	f Alteration of drainage		e Force fields and background radiation
	g River control and flow modification		f Unique physical features
	h Canalization		a Surface
	i Irrigation	2 Water	b Ocean
	j Weather modification		c Underground
	k Burning		d Quality
	l Surface or paving		e Temperature
	m Noise and vibration		f Recharge
B Land transformation and construction	a Urbanization		g Snow, ice, and permafrost
	b Industrial sites and buildings	3 Atmosphere	a Quality (gases, particulates)
	c Airports		b Climate (micro, macro)
	d Highways and bridges		c Temperature
	e Roads and trails		a Floods
	f Railroads	4 Processes	b Erosion
	g Cables and lifts		c Deposition (sedimentation, precipitation)
	h Transmission lines, pipelines, and corridors		d Solution
	i Barriers including fencing		e Sorption (ion exchange, complexing)
	j Channel dredging and straightening		f Compaction and settling

Actions Environmental items

Category	Description	Category	Description	
F Resource renewal	d Landscaping	4 Cultural status	c Open space qualities	
	e Harbor dredging		d Landscape design	
	f Marsh fill and drainage		e Unique physical features	
	a Reforestation		f Parks and reserves	
	b Wildlife stocking and management		g Monuments	
	c Groundwater recharge		h Rare and unique species or eco-systems	
G Changes in traffic	d Fertilization application	5 Manufactured facilities and activities	i Historical or archeological sites and objects	
	e Waste recycling		j Presence of misfits	
	a Railway		a Cultural patterns (life-style)	
	b Automobile		b Health and safety	
	c Trucking		c Employment	
	d Shipping		d Population density	
	e Aircraft		a Structures	
	f River and canal traffic		b Transportation network (movement, access)	
	g Pleasure boating		c Utility networks	
	h Trails		d Waste disposal	
	i Cables and lifts		e Barriers	
	j Communication		f Corridors	
	k Pipeline		a Salinization of water resources	
H Waste replacement and treatment	a Ocean dumping	D Ecological relationships	b Eutrophication	
	b Landfill		c Disease insect vectors	
	c Emplacement of tailings, spoils, and overburden		d Food chains	
	d Underground storage		e Salinization of surficial material	
	e Junk disposal		f Brush encroachment	
	f Oil well flooding		g Other	
	g Deep well emplacement		E Others	
	h Cooling water discharge			
	i Municipal waste discharge including spray irrigation			
	j Liquid effluent discharge			
	k Stabilization and oxidation ponds			
	l Septic tanks, commercial and domestic			
I Waste replacement and treatment	m Stack and exhaust emission			

Category	Potential Impacts and Issues
Construction Phase	<ul style="list-style-type: none"> Sediment pollution and stream siltation Pesticides, petrochemicals, and other potential pollutants Quantification of erosion and sediment generation Relevant criteria for sediment pollution Protection of water quality during construction — general Erosion and sediment control techniques <ul style="list-style-type: none"> Treatment of polluted water from construction site Activity scheduling Components of solid waste from construction operations Disposal of chemicals and containers Summary of solid waste impacts Air pollution sources at construction sites Noise generators at impoundment construction site Typical construction noise levels Rough estimation of noise impacts Damaging effects of noise
Impoundment Area	<ul style="list-style-type: none"> Probable land use impacts General methodology for evaluating land use changes and impacts <ul style="list-style-type: none"> Loss of stream and bottom land Relocation impacts Recreational development — general <ul style="list-style-type: none"> Secondary air pollution impacts (parking facilities) Solid waste generation at recreational areas Impact of land inundation on impoundment water quality Organic decomposition and dissolved oxygen deficiency Solution of iron and manganese Loss of wildlife habitat Assimilative capacity changes — general <ul style="list-style-type: none"> Primary determinants <ul style="list-style-type: none"> Critical water quality conditions Effects of stratification and density currents Eutrophication and associated impacts Consideration of evaporation Shift from river to lake environment and reduction of a species diversity Sedimentation in impoundment Modeling of impoundment water quality Estimating significance of site conditions with respect to impoundment water quality Potential for erosion in reservoir Relationship of morphometry to potential eutrophication and weed problems Nutrient sources and loadings

Anexo 1 – 2. b) «Listas de classificação descritivas» para projectos de desenvolvimento territorial, (Schaenmam, 1976)

Factor
Bases for Estimates

I. Local Economy

Public Fiscal Balance

1. Net change in government fiscal flow (revenues less expenditures).

Public revenues: expected household incomes by residential housing type; added property values. Public expenditures: analysis of new service demand, current costs; available capacities by service.

Employment

2. Change in numbers and percent employed, unemployed, underemployed, by skill level.

Direct from new business; or estimated from floor space, local residential patterns, expected immigration, current unemployment profiles.

Wealth

3. Change in land values.

Supply and demand of similarly zoned land, environmental changes near property.

II. Natural Environment

Air Quality

Health

4. Change in air pollution concentration by frequency of occurrence and number of people at risk.

Current ambient concentrations, current and expected emissions, dispersion models, population maps.

Nuisance

5. Change in occurrence of visual (smoke, haze) or olfactory (odor) air quality nuisances, and number of people affected.

Baseline citizen survey, expected industrial processes, traffic volumes.

Water Quality

6. Changes in permissible or tolerable water uses and number of people affected for each relevant body of water.

Current and expected effluents, current ambient concentrations, water quality model.

Noise

7. Change in noise levels and frequency of occurrence, and number of people bothered.

Changes in nearby traffic or other noise sources, and in noise barriers; noise propagation models; noise levels to noise levels to traffic, barriers, etc.; baseline citizen survey of current satisfaction with noise levels.

Wildlife and Vegetation

8. Change in diversity and population size (abundance) of wildlife and vegetation (including trees) of common species:

Wildlife and vegetation inventory; expected removal of cover or changes to habitats.

9. Change in numbers of rare or endangered species.

Changes in amount and quality of (a) habitat by animal type; (b) green space, or (c) number of mature trees.

Natural Disasters

Factor

Bases for Estimates

18. Change in rate of crimes in existing community.

Current crime rates and case histories of similar neighborhood changes; changes in community lighting, sightlines, hiding places, people mix.

Feeling of Security

19. Change in percent of people feeling a lack of security from crime.

Baseline citizen survey plus the data above.

Fire Protection

20. Change in fire incidence, property loss, and casualty rates.

Incident rates by occupancy types; people mix; available water supply; available fire suppression equipment and manning; likely building materials; site plan if available.

Recreation-Public Facilities

Overall Satisfaction

21. Change in number and percent of households satisfied with public recreation opportunities.

Baseline citizen surveys, and expected changes in facilities and environment (noise, air quality, dangers).

22. Change in number or percent of households using facilities (viewed relative to nominal capacity), by facility.

Citizen survey.

Accessibility

23. Change in number and percent of households with access to various types of recreation facilities within x minutes travel, by type of facility and mode of travel.

Maps of facilities and distribution of population; citizen survey of travel mode.

Recreation-Informal Settings

Overall Satisfaction

24. Change in number or percent of households satisfied with recreation in informal outdoor spaces in neighborhood.

Baseline citizen survey and observation of current usage patterns; physical environment changes expected.

Availability

25. Change in availability of informal physical settings for recreation and number of people affected.

Changes in open space and physical environment expected.

Education

Accessibility/Convenience

26. Change in number and percent of households satisfied with accessibility of schools.

Citizen survey; changes in available path, nearby traffic conditions in route to schools.

27. Change in number and percent of students within x minutes, by type of school and travel mode.

Map of school and population distribution; busing records.

28. Number and percent of students having to switch schools or busing status.

Relation of capacity to expected demands, and school board policy.

Crowdedness

Factor

39. Change in number and percent of households within x minutes travel time to shopping, by type store and mode of travel.
- Energy Services
40. Change in the frequency and duration of energy shortages, and the number of people affected, by fuel type.

Housing

41. Change in number and percent of housing units that are substandard and the number of people living in them.
42. Change in number and percent of housing units relative to need, by type of housing (price, ownership, number of bedrooms, style, etc).

V. Other Social Impacts (in addition to those included above)

People Displacement

43. Number of residents (or workers) displaced by development, and whether satisfied with move.

Special Hazards

44. Number of children physically at risk from "special" hazards created by development (e.g., machinery, junk, unguarded deep water).

Sociability/Friendliness

45. Change in social interaction patterns (e.g., frequency of neighboring, community activities).

Privacy

46. Change in number and percent of households satisfied with privacy in outdoor areas around home.

Overall Commentment with Neighborhood

47. Change in number and percent of citizens satisfied with their residential (or work) neighborhood.

Bases for Estimates

Map showing location of stores and population, before and after development.

Current and expected usage and supply in community; design and construction of buildings, type of manufacturing activity expected.

Current housing stock conditions number to be removed or improved.

Current profile of housing units added or destroyed; past housing chain effects in distribution of population by income level, indicators of latent demand for housing.

Number of persons living in building to be destroyed; special survey of them.

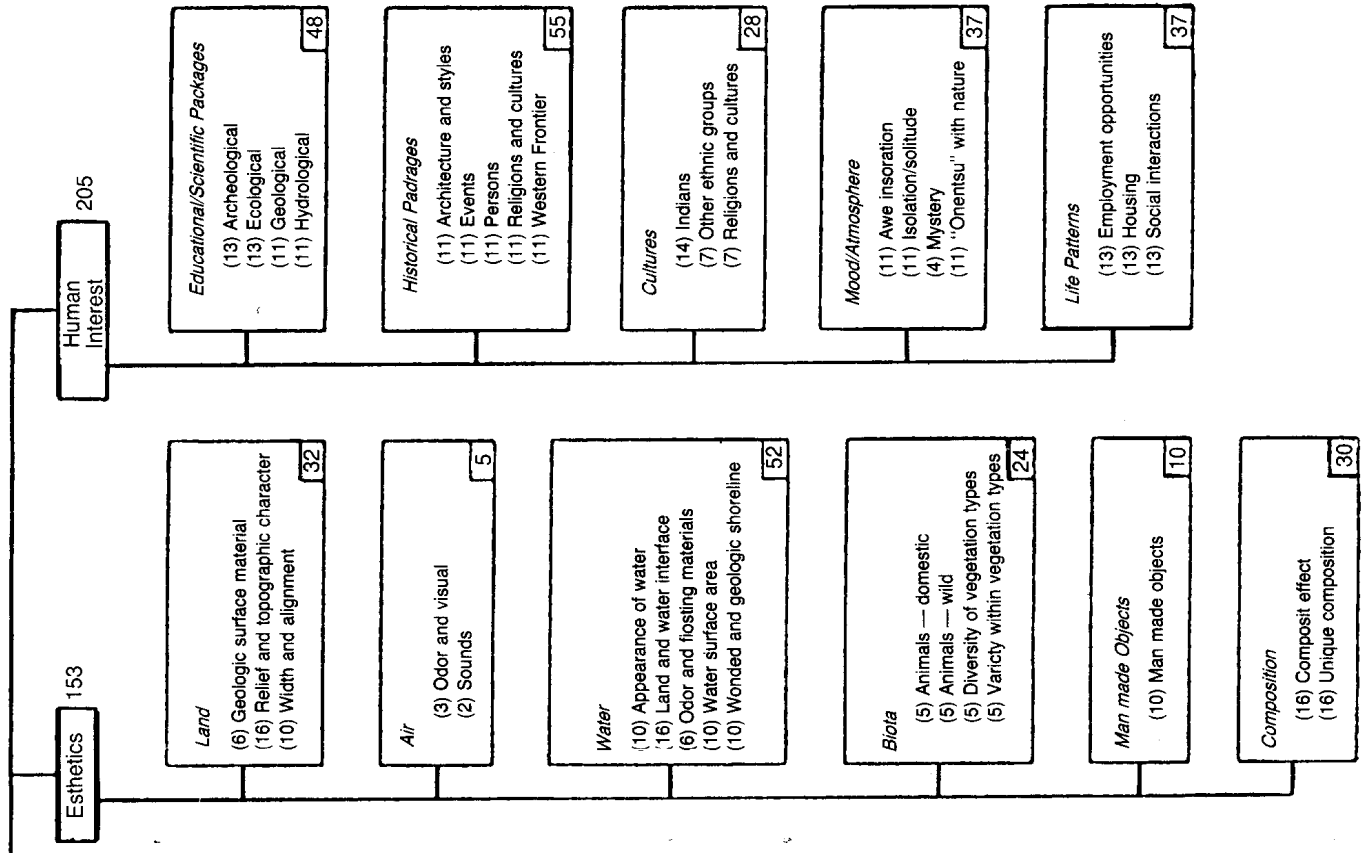
Physical outdoor changes expected.

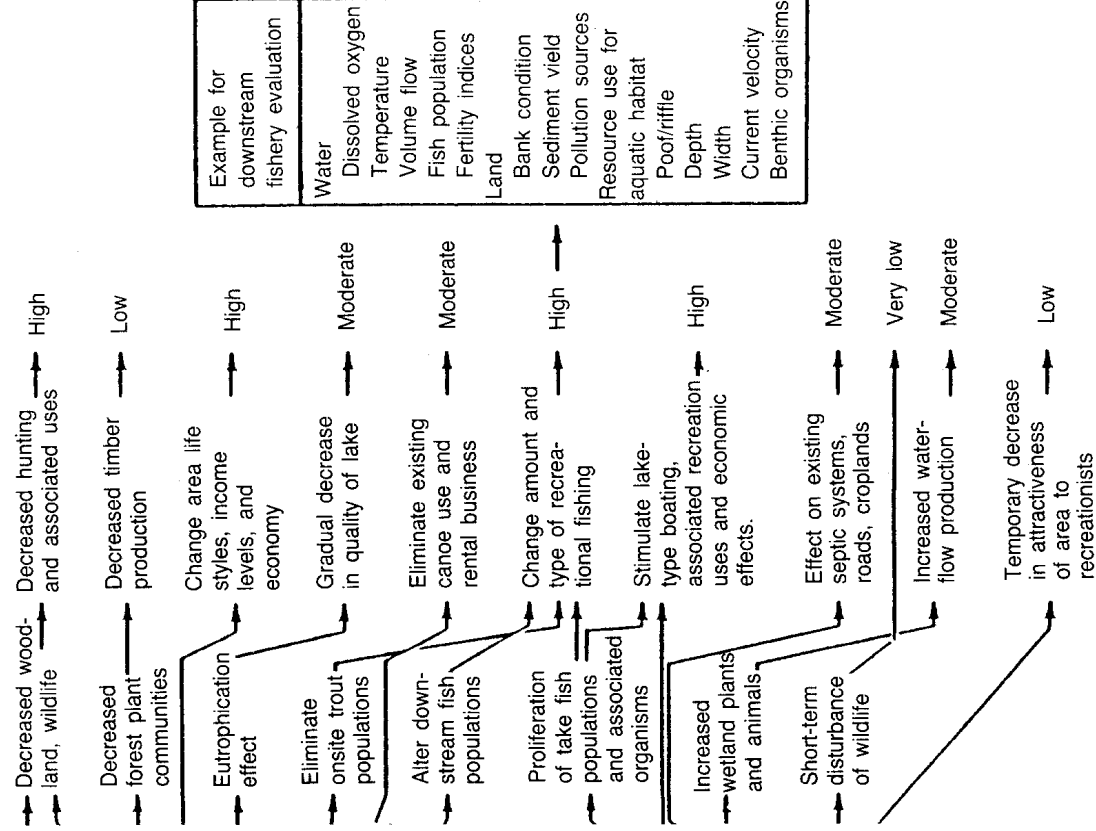
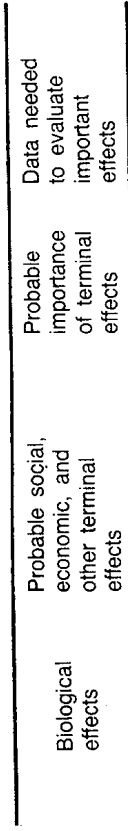
Baseline survey of current neighboring and community activity patterns; changes in availability of community and small group meeting places; changes in physical barriers (e.g., highways, fences, heavy traffic, buildings which hinder access from one area of a neighborhood to barriers linking the areas); changes in people mix.

Citizen survey; geometric analysis of sightlines; changes in sight and sound barriers.

Citizen survey using data from other measures.

IMPACTS





Example for downstream fishery evaluation
Water
Dissolved oxygen
Temperature
Volume flow
Fish population
Fertility indices
Land
Bank condition
Sediment yield
Pollution sources
Resource use for aquatic habitat
Poof/riffle
Depth
Width
Current velocity
Benthic organisms

BIBLIOGRAFIA CITADA

- ABLER, R.; ADAMS, J. J.; GOULD, P. — *Spatial Organization — A Geographer's View of the World*, Prentice Hall, London, 1972.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. — *Atmosphere, Weather and Climate*, Methuen, London, 1968.
- BENNET, R. J.; CHORLEY, R. J. — *Environmental Systems — Philosophy Analysis and Control*, Methuen, London, 1978.
- BISSET, R., — *Introduction to Impact Assessment Methods*, "Seventh international Seminar on Environmental Impact Assessment" Aberdeen, U.K., 1986.
- CANTER, L.W. — *Environmental and Impact Assessment*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1977.
- CANTER, L.W. — *EIA Methodologies*, "Seventh International Seminar on Environmental Impact Assessment", Aberdeen, U.K., 1986.
- CHOW, V.T., (ed.) — *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1964.
- CLARK, B. — *Introduction to E.I.A.*, "Seventh International Seminar on Environmental Impact Assessment", Aberdeen, U.K., 1986.
- CONGRES INTERNATIONAL DES GRANDS BARRAGES (XI Congrès), *Question 40*, Madrid, 1973.
- DAGNIELE, P. — *Estatística — Teoria e Métodos*, Publicações Europa-América, Lisboa, 1973.
- DAVEAU, S. — *Repartition et Rythme des Precipitations au Portugal*, C.E.G., Lisboa, 1977.
- DAVEAU, S., — *Dois Mapas Climáticos de Portugal*, C.E.G., Lisboa, 1980.
- DIAS, J. — *Minho, Trás-os-Montes e Alto Douro*, Congrès International de Géographie, Lisbonne, 1949.
- DOUGLAS, I. — *The Urban Environment*, Edward Arnold, London, 1983.
- EGF — *Impacto Ambiental da Barragem de Crestuma — 1.ª Fase*, E.D.P., Lisboa, 1980.
- FRANCO, F. M.; LENCASTRE, A. — *Lições de Hidrologia*, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa 1984.
- FERREIRA, A. — *Planaltos e Montanhas do Norte da Beira — Estudo de Geomorfologia*, CEG, Lisboa, 1978.
- GEIGER, R. — *Manual de Microclimatologia — O Clima da Camada de Ar Junto ao Solo*, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1980.
- GIRÃO, A. — *Atlas de Portugal*, Coimbra, 1958.
- HAGGET, P. — *Geography: A Modern Synthesis*, Harper & Row, New York, 1975.
- HENRIQUES, A. G. — *Avaliação de Impactos Ambientais de Empreendimentos Hidráulicos — Análise de Metodologias*, ICT, Informação Técnica Hidráulica, Lisboa, 1984.
- I.N.M.G. — *Atlas Climatológico — Edição preliminar*, Lisboa, 1974.
- LAUTENSACH, H. — *Geografia de España y Portugal*, Vicent-Vives, Barcelona, 1967.
- LEOPOLD, L. B., et. al. — *A Procedure for Evaluating Environmental Impact*, "U.S. Geological Survey Circular 645", Washington, 1971.

RESUMO

A construção de barragens num curso de água como o rio Douro, é um exemplo de como os avanços tecnológicos, quando não acompanhados de uma avaliação de impactos ambientais, podem gerar custos sociais e económicos elevados, e eventualmente pôr em causa a própria viabilidade económica do projecto.

O nosso objectivo é caracterizar climaticamente a bacia do Douro em território português, esboçando alguns cenários de *resolução* possível do sistema climático, face às inúmeras rupturas de equilíbrio a que tem sido sujeito. As *soluções* encontradas pelo sistema climático irão afectar directamente a produção de energia, a navegabilidade do rio e as condições únicas, do ponto de vista agrícola, que conferem ao vale do Douro grande importância a nível nacional.

RESUMÉ

La construction de barrages sur un fleuve comme le Douro, est un exemple qui montre comment les progrès technologiques peuvent entraîner des coûts socio-économiques élevés, et éventuellement mettre en question la propre viabilité financière du projet, en l'absence d'une évaluation des impacts sur l'environnement.

Notre objectif est de caractériser le climat du bassin du Douro dans le territoire portugais, en ébauchant quelques scénarios de possible *résolution* du système climatique face aux innombrables ruptures d'équilibre qu'il a subies. Les *solutions* déclenchées par le système climatique vont directement affecter la production d'énergie hydraulique, la navigabilité du fleuve, de même que les conditions uniques de mise en valeur agricole, conditions qui confèrent à la vallée du Douro une importance capitale sur le plan national.

ABSTRACT

Douro's river dams and impoundments are a good example, of how scientific ignorance about the environment, can cause enormous economic and social costs.

Our aim is to characterize Douro's basin from a climatological point of view, in order to predict how these dams can produce abrupt and discontinuous modifications in some climatological parameters. Changes at the climatological level, will affect the energy production, navigability and the unique conditions for some agriculture products of this valley.