



Universidade do Algarve

Curso de Mestrado em Geomática

2012

Estudo de produtividade das salinas artesanais do estuário do Rio Guadiana, baseado nos sistemas de informação geográfica.



Leonid Ryzhak

20-12-2012

Estudo de produtividade das salinas artesanais do
estuário do Rio Guadiana, baseado nos sistemas de
informação geográfica.

Dissertação orientada por
Professor Doutor Tomasz Boski

2010 – 2012

Agradecimentos

A todos os que contribuíram para este trabalho de investigação, o meu grande agradecimento.

Em primeiro lugar à minha família, especialmente à minha esposa, que sempre me acompanhou na realização deste trabalho e que me incentivou e apoiou nesta iniciativa.

A todos os professores, que se tornaram bons amigos pelo estímulo, paciência e pela enorme capacidade de entrega de cada um.

Ao professor doutor Tomasz Boski, orientador desta dissertação, um especial agradecimento pelo apoio, dedicação e confiança na abordagem desta temática.

À Dra. Anabela Resende – Supervisora de Reserva Natural de Castro Marim e Vila Real de Santo António e aos vigilantes de RN Paulo Monteiro e António João Severo por disponibilizarem os dados para a realização deste projeto e pelo apoio à sua concretização.

Ao proprietário das Salinas piloto, Jorge Raiado, pela disponibilidade e por me ter deixado realizar o trabalho de campo necessário à execução desta tese.

Aos meus colegas de curso Leandro Infantini, Florinda Gama, Carina Neves Coelho, Rosário Silva, Jorge Filipe Viana que foram os melhores companheiros de jornada.

Estudo de produtividade das salinas artesanais do estuário do Rio Guadiana, baseado nos sistemas de informação geográfica.

Resumo

O presente estudo pretende ter um caráter inovador, uma vez que procura demonstrar as potencialidades da utilização conjunta dos SIG e das ferramentas de modelização, aplicadas ao processo da produção do sal, pelo método tradicional de evaporação subaérea. Os SIG constituem uma ferramenta de crescente importância na prática da gestão territorial e ambiental, podendo englobar as informações climáticas e administrativas, socioeconómicas, geológicas e, no fundo, todas as que podem ser relacionadas com a superfície terrestre. No contexto económico atual da Região do Algarve, o desenvolvimento da salicultura assume uma crescente relevância, daí a importância de procurar otimizar o processo produtivo com recurso a novos meios tecnológicos.

Assim, conhecendo as funcionalidades da ferramenta e as necessidades das unidades de produção artesanal do sal marinho, foram vários os fatores condicionantes, desde a localização duma salina passando pela caracterização e modelação do processo evaporativo, gestão dos mesmos, até à disseminação do sistema modelado entre as entidades envolvidas.

Este trabalho tem igualmente por objetivo a sua divulgação entre os responsáveis das salinas e pretende leva-los à utilizar este tipo de aplicações de tecnologia de informação, com o intuito de melhorar a gestão e apoio à decisão.

Para o efeito de demonstração das potencialidades das ferramentas SIG e ExtendSIM associadas, será considerado neste trabalho o caso do estudo das salinas artesanais em atividade no estuário do Rio Guadiana.

Study on productivity of artisanal salt in Guadiana River estuary, based on geographic information systems.

Abstract

The present study pretends to have an innovative character, as it tries to demonstrate the potential of the conjugation of the use of GIS and modeling tools applied in the production of salt, through the traditional method of solar pond evaporation. The GIS is a tool that has a growing importance in territorial and environmental management, as it integrates climatic, administrative, socioeconomic, - and geological data, which all can associated with a precise location at the earth's surface.

Salt extraction has a growing importance in regional economy of Algarve, there - fore it fully justifies the search for an optimal process, using the new methods and technology.

Knowing the potentials of this tool and the needs of units of salt production, we explored various aspects, such as the location of the salt production, process of evaporation, how these are managed, finishing with the dissemination of the modeled system to all involved entities.

This project has the objective to raise awareness among the responsible of the salt production to increase the usage of new technologies for a better management and the decision making process.

The potentialities of joint usage of GIS and ExtendSIM programming tools, the study was carried out in a solar pond salt production farm in the estuary of Rio Guadiana.

Palavras – chave

Salinas

Salinas artesanais

Produção

Base de Dados

Gestão Ambiental

Gestão de Informação

Estuário do rio Guadiana

Reserva Natural do Castro Marim e Vila Real de Santo António

Sistemas de Informação

Sistemas de Informação Geográfica

Modelação

Keywords

Salt

Salt artisanal

Production

Database

Environmental Management

Information Management

Guadiana River Estuary

Natural Reserve of Castro Marim and Vila Real de Santo Antonio

Information Systems

Geographic Information Systems

Modeling

Acrónimos

SIG – Sistema de Informação Geográfica

INE – Instituto Nacional de Estatística

SGBD – Sistema de Gestão de Base de Dados

SI – Sistema de Informação

TI – Tecnologias de Informação

CAD – Desenho Assistido por computador (Computer-aided design)

LP - programa interno linear

ESTACAO – número de estação meteorológica;

ANO – ano de estimação de dados;

MS – mês;

DI – dia;

T_MED – temperatura média diária, [°C];

T_MAX – temperatura máxima diária, [°C];

T_MIN – temperatura mínima diária, [°C];

HR_MED – humidade relativa média diária, [°];

HR_MAX – humidade relativa máxima diária, [°];

HR_MIN – humidade relativa mínima diária, [°];

DD_PRE – rumo de vento predominante (0 – calma; 1 – NE; 2 – E; 3 – SE; 4 – S; 5 – SW; 6 – W; 7 – NW; 8 – N e 10 – variável)

FF_MED – intensidade média do vento, [m/s];

PR_QTD – quantidade total de precipitação, [mm];

RG_TOT – radiação solar global, [Kj/m²].

M Agua Inicial - massa de água inicial, [t].

M Sal Inicial - massa de sal inicial, [t].

M Agua Sal 0.22 - massa de agua com salinidade 220 PSU para uma massa de sal inicial, [t]

M Agua a Evaporar - massa de água a evaporar, [t].

M Agua Evap - capacidade de evaporação do tanque, [t/dia].

Tempo Evap – tempo de evaporação, [dia].

Numero Rec – número de recolhas de sal.

RNSCMVRSa – Reserva Natural do Sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António.

Índice

Agradecimentos.....	3
Resumo.....	4
Abstract	5
Palavras – chave.....	6
Keywords	6
Acrónimos	7
Índice.....	9
Índices das Figuras.....	11
Índices das tabelas.....	11
1 Introdução	12
1.1 Contextualização e justificação da tese.....	12
1.2 Objetivos	13
1.3 Metodologia	14
2 Salicultura	17
2.1 Processos físico-químicos na obtenção do sal marinho	17
2.1.1 Sal (cloreto de sódio).....	18
2.2 Enquadramento Histórico da Salicultura.....	19
2.2.1 História de salicultura em Portugal	22
2.3 Salicultura como um componente da economia de Portugal	24
2.4 Compreender uma salina.....	25
2.4.1 Princípios fundamentais da produção do sal marinho.....	25
2.4.2 Constituição da salina.....	26
2.4.3 Etapas de produção do sal nas Salinas Artesanais.....	27
3 Fundamentação teórica.....	31
3.1 Tecnologias de informação	31
3.2 Sistemas de Informação Geográfica.....	33
3.2.1 Modelos em SIG.....	35
3.3 Aplicação do geoprocessamento na salicultura.....	38
3.3.1 Topografia	39
3.3.2 Sistema de posicionamento global - GPS.....	39
3.3.3 Levantamentos de Campo	41
3.3.4 Vetorização.....	41
3.4 Modelação numérica	42

3.4.1 ExtendSim	43
3.4.1.1 Modelo numérico de salicultura tradicional	46
3.4.1.2 Evaporação	49
3.5 Localização da área de estudo	52
4 Estudo de produtividade das salinas artesanais	56
4.1 Levantamento topográfico da área de produção.....	56
4.2 Edição cartográfica.....	57
4.3 Criação e visualização da informação geográfica	58
4.4 A estrutura do SIG da salicultura de Castro Marim	60
4.5 Aplicação dos SIG no cálculo das áreas de evaporação das salinas.....	61
4.6 Resultados de modelação numérica e simulação da produtividade das Salinas	62
4.6.1 Modelação do concentrador utilizando os vários cenários com Software ExtendSIM	64
4.6.2 Modelação do cristalizador	67
4.6.3 Modelação do valor comercial de Salicultura	69
4.6.4 Resultados de modelação e discussão	70
5 Conclusões	72
Referencias Bibliográficas	74
Anexos.....	82
Anexo 1. Produção de sal marinho em Portugal Continental.....	83
Anexo 2: Tabela - Resumo dos resultados de modelação numerica da zona de estudo em ambiente de software Microsoft Exel.....	84

Índices das Figuras

Figura 1. Fluxograma das bases de dados utilizadas na pesquisa	15
Figura 2. Cristais de cloreto de sódio (NaCl)	19
Figura 3. Produção de sal nas salinas artesanais	28
Figura 4. Sistemas de Informação	32
Figura 5. Componentes de sistemas de informação geográfica	34
Figura 6. Bacia hidrográfica do Rio Guadiana.....	53
Figura 7. Localização zona de estudo	55
Figura 8. Ficheiro transformado para formato txt	57
Figura 9. Visualização 3D de uma Salina	58
Figura 10. Apresentação cartográfica da unidade de produção de sal obtida a partir do levantamento topográfico com GPS diferencial.....	59
Figura 11. Informação das salinas da Reserva Natural de Castro Marim e Vila Real de Santo António.....	59
Figura 12. Estrutura da Base de Dados SIG	60
Figura 13. Estrutura da Base de Dados SIG representada no ArcGIS	61
Figura 14. Cálculo de evaporação em ambiente Microsoft Excel 2010.....	63
Figura 15. Estimção dos componentes principais de modelação das salinas em ambiente ExtendSim.....	65
Figura 16. Escolha dos cenários de modelação em ambiente de ExtendSim	65
Figura 17. Modelação do reservatório de concentrador em ambiente ExtendSim	66
Figura 18. Gráficos da massa de água e salinidade no concentrador (A - ano seco; B - ano húmido; C - ano 2010; D - ano 2011)	66
Figura 19. Modelação do cristalizador em ambiente ExtendSim.....	67
Figura 20. Gráficos da massa de água e salinidade no cristalizador (A - ano seco; B - ano húmido; C - ano 2010; D - ano 2011)	68
Figura 21. Modelação da comercialização do sal em ambiente ExtendSIM.....	69

Índices das tabelas

Tabela 1. Resultados de cálculo produzido em ambiente de software ArcGIS.....	62
Tabela 2. Resultados de modelação numérica de produtividade das salinas artesanais dos sapais de Castro Marim.....	70

1 Introdução

1.1 Contextualização e justificação da tese

A atualidade é pautada por um forte desenvolvimento tecnológico, apoiado pelas técnicas de gestão de informação. Esta gestão, realizada de forma eficiente com as novas medidas optimizadoras implementadas, constitui uma garantia de sucesso em setores públicos e privados. Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), ao registar, armazenar, verificar, processar, analisar e visualizar os dados que são espacialmente referenciados respondem ao desafio deste novo tipo de administração do território (He, et al., 2001; Badard & Richard, 2001; Lee, 1990; Worrall, 1990; Dangermond, 1989). Estes sistemas possuem um espetro operacional muito amplo, que será testado e aprofundado na aplicação da gestão das unidades produtivas de Salicultura.

Em zonas costeiras de Portugal Continental, a salicultura representa uma importante fonte de receita e é geradora de centenas de postos de trabalho diretos. O valor de produção do sal marinho no território nacional continental representa cerca de 72 325 toneladas das quais 65 349 foram produzidas nas salinas de Algarve no ano 2009, contra 44 574 toneladas no ano 2010 (**dados INE – 2010-2011**) devido, fundamentalmente, a fatores climáticos.

Por estar dependente da captação de massas de água de acordo com as marés, a salicultura ocupa extensas áreas costeiras, sendo também uma atividade intensiva em trabalho humano. A competição com outras atividades económicas de possível desenvolvimento nas mesmas áreas geográficas requer, por consequência, uma gestão minuciosa, tornando os SIG um instrumento fulcral para essa mesma gestão.

A salicultura é uma atividade económica de tradição milenar na Península Ibérica, e em franca recuperação em Portugal onde as condições geográficas e climatéricas (Murthy, et al., 2003) (ratio evaporação/precipitação) constituem um atrativo para os potenciais investidores.

Entende-se assim que, numa gestão eficiente e integradora, o principal objetivo seja a geração de benefícios socioeconómicos associados à manutenção de padrões de

qualidade ambiental elevados. Os SIG devem constituir uma ferramenta imprescindível para a realização desses objetivos.

Para que assim seja, o trabalho proposto pretende fazer um levantamento georreferenciado do Salgado do Estuário do Guadiana e um estudo da produtividade e análise de produção ao longo do período de safra (maio – setembro). Com efeito, na fase inicial em que se procura determinar a melhor localização para implementar a salina, é necessário recolher um conjunto de informação de base que auxilie todo o processo de decisão. Já na fase de funcionamento, o SIG deve ter uma função integradora das várias componentes que se integram na salina, com especial relevância para uma gestão ambiental eficiente.

A parte da análise do processo de obtenção e recolha do sal, tanto na superfície como no fundo do tanque de cristizador, será desenvolvida em ambiente de modelização 0 dimensional. O modelo criado será validado e verificado a partir dos dados de observação adquiridos no sítio de estudo ou obtidos dos próprios produtores. Todo este procedimento será aplicado dentro da plataforma de modelação ExtendSIM, sem intervenção a nível de compiladores, geradores de código ou interfaces externas.

Constatou-se, na realização deste trabalho, que a utilidade da aplicação dos SIG à otimização de processos na salicultura é ainda pouco reconhecida, o que, de certa forma, dificultou a realização deste trabalho que pretende, em primeira instância, ser uma abordagem inovadora desta temática. Apesar da investigação de um caso prático ser enriquecedora para qualquer trabalho, por ser pouco ou nada explorada a vantagem da utilização dos SIG na criação, gestão e manutenção de salinas, não será apresentado nenhum estudo neste trabalho, exceto o desenvolvido especialmente para a realização desta tese.

1.2 Objetivos

Na última década, temos assistido em Portugal à aplicação maciça dos Sistemas de Informação Geográfica, englobados nas denominadas «novas tecnologias de informação», por possuírem ferramentas de suporte ao planeamento e apoio à decisão.

No presente trabalho, propusemo-nos como objetivo de estudo a aplicação destas mesmas novas tecnologias na gestão territorial das salinas. Pretendeu-se, desta forma, melhorar o processo de gestão, através da criação de um modelo da salina assente sobre os dados espaciais georreferenciados.

A criação de informação, a georreferenciação dessa mesma informação vetorial, o desenvolvimento de um modelo de dados e a disponibilização de informação geográfica, estão igualmente incluídos neste trabalho. No decorrer desta apresentação, serão feitas sugestões e dadas orientações para a implementação das medidas que visam otimizar o desempenho produtivo da salina.

A integração da informação da base de dados à informação georreferenciada é efetuada recorrendo a um Sistema de Informação Geográfica da família ArcGIS 10, nomeadamente o ArcMAP e o ArcINFO.

1.3 Metodologia

Para o efeito de aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica na gestão de Salinas, foram escolhidas as salinas no concelho de Castro Marim.

De seguida, procedeu-se à marcação de diversas reuniões com o gestor da unidade de produção, no sentido de nos familiarizarmos com o esquema geral do funcionamento das salinas e com os procedimentos técnicos seguidos.

Para o desenvolvimento do trabalho, foi elaborado um fluxograma com o objetivo de organizar as informações que se encontram divididas em diferentes bases de dados. Este fluxograma serve para facilitar a modelagem dos dados geográficos e a correlação das informações de análise geográfica. A Figura. 1 (Fonte: Souza, 2009), representa o fluxograma de modelagem dos dados geográficos.

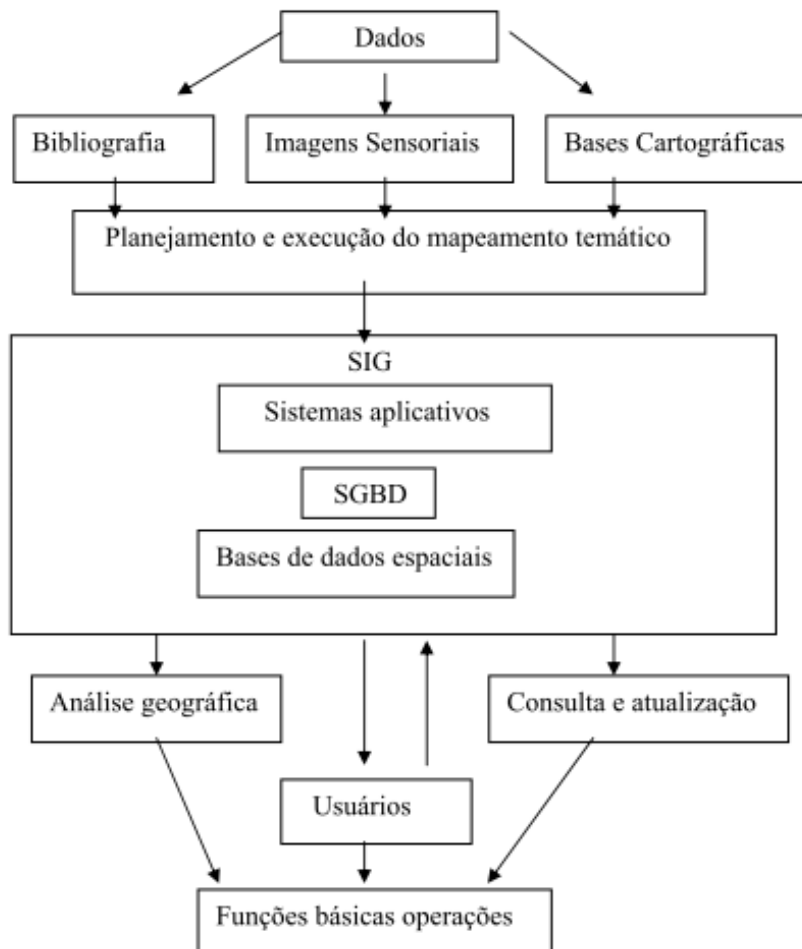


Figura 1. Fluxograma das bases de dados utilizadas na pesquisa

Para a elaboração do trabalho, foram utilizadas várias ferramentas no âmbito da geodesia, topografia e informática, entre as quais levantamentos topográficos com GPRS, medições de salinidade em laboratório, diversos tipos de programas, bancos de dados, arquiteturas de SIG e da cartografia, imagens de satélites e mapas. Este conjunto de técnicas e ferramentas faz parte do universo da Geomática que engloba o Sistema de Informação Geográfica, sensoriamente remoto, modelos numéricos de terrenos, modelos matemáticos e SIG WEB entre outros.

Os materiais e ferramentas utilizados para o desenvolvimento da pesquisa baseiam-se nos seguintes recursos:

- Ortofotomapas do Reserva Natural de Castro Marim e Vila Real de Santo António, função colorida, imagem TIFF, com dimensão 8600x5600, tamanho 21,4 MB.
- Dados meteorológicos de estação meteorológica situada no Reserva Natural de Castro Marim e VRSA por período de 2010 – 2011.
- Processamento de levantamentos topográficos com GPRS Trimble R8 GNSS Receiver.
- Utilização dos sistemas ArcGis 10.
- Utilização de sistema ExtendSIM 8.
- Recolha das amostras de água salgada nas salinas pilotos e processamento de medição de salinidade com refratómetro portátil RHS – 10 atc.

Assim, e no âmbito deste trabalho, serão abordadas e descritas varias fases/aplicações dos SIG nesta temática:

- Criação de um modelo de dados;
- Criação de informação geográfica para caracterização da salina;
- Criação de vários projetos tendo por base um SIG;
- Integração com outros sistemas existentes na instituição;
- Disponibilização interna e externa de mapas temáticos.

2 Salicultura

Salinas de evaporação solar (Lior & Bakish, 2001) são estruturas muito bem conhecidas, principalmente devido ao seu produto. O sal é um dos minerais mais conhecidos do mundo e a substância química mais relacionada com a história da civilização humana (Kurlansky, 2002). A sua importância para a criação da vida no planeta e sua importância como uma mercadoria são fundamentais.

No entanto, o desenvolvimento de um ecossistema único de solução salina em paralelo com o processo de produção de sal nem sempre tem sido compreendida. O processo biológico que se desenvolve, conjuntamente com o aumento de gradiente da salinidade nas lagoas de evaporação e cristalizadores de salinas, produz um excelente alimento para muitas espécies de aves que, por esta razão, repousam e se alimentam em salinas. Os passos básicos para a evolução do processo de produção de sal a partir da utilização da energia solar são conhecidos, correspondendo o último à moderna operação de obtenção de sal. Está provado que salinas especialmente modernas não são apenas fábricas de produção de sal mas também funcionam como zonas húmidas. A sua importância ecológica consiste no fato de apresentarem características de duas zonas distintas: húmidas regulares e hipersalinas.

2.1 Processos físico-químicos na obtenção do sal marinho

A água do mar constitui a matéria-prima para a produção de sal em salinas de evaporação. Essa matéria-prima é inesgotável, representando cerca de 5×10^{16} toneladas.

A proporção relativa dos vários iões contidos na água do mar é quase independente da sua salinidade total e praticamente a mesma em todas as costas expostas a marés abertas.

Os resultados da evaporação solar na cristalização demonstram que a água do mar contém, em primeiro lugar, sais menos solúveis (CaCO_3 , CaSO_4), de seguida NaCl e por

fim sais de magnésio (Butts, 2001; Flotz, 1993). A escala de concentração de sais na água do mar é de 35 PSU (Practical Salinity Unit) ou seja, para um litro de água estão dissolvidos 35 gramas de sais. A cristalização de CaCO_3 começa em 46 PSU e a de CaSO_4 a 132 PSU. NaCl cristaliza a 257 PSU, seguido pelos sais de Mg mais solúveis a 300 PSU (Usiglio, 1849; Baseggio, 1974).

2.1.1 Sal (cloreto de sódio)

O sal e o cloreto de sódio estão presentes na vida quotidiana mais do que qualquer outro composto químico. As propriedades químicas e físicas do cloreto de sódio são um tesouro para a humanidade. Produtos de sal ou derivados de sal estão omnipresentes no nosso mundo material e nas próprias células do nosso corpo. Tomamos por certo os cristais de sal que fazem os nossos alimentos seguros e saborosos, e damos graças pelas suas propriedades que salvam vidas quando aplicadas a estradas geladas de inverno.

A humanidade evoluiu a partir do mar e temos um "mar" de solução salina dentro de nós. Segundo Carson (1951), quando os animais pisaram terra para assumir a vida nela, levaram parte do mar nos seus corpos, uma herança que eles passaram aos seus filhos e que, ainda hoje, liga cada animal terrestre com as suas origens no antigo mar. O nosso sangue tem o mesmo equilíbrio químico de sódio, potássio e cálcio encontrado nos oceanos.

O cloreto de sódio (See, 1948; Kaufman, 1968; Mamontov, et al., 1987) é facilmente solúvel em água e insolúvel ou apenas ligeiramente solúvel na maior parte dos outros líquidos. Ele forma, numa fase inicial, cristais cúbicos incolores, pequenos e transparentes cuja cor evolui ligeiramente para o branco (ver Figura 2). O cloreto de sódio é inodoro mas tem um sabor característico. É um composto iónico, sendo composta por um número igual de sódio positivamente carregado e iões cloreto carregados negativamente.



Figura 2. Cristais de cloreto de sódio (NaCl)

2.2 Enquadramento Histórico da Salicultura

A humanidade pode viver sem ouro... mas não sem sal

[Cassiodoro]

Desde a sua descoberta, há milhares de anos, o sal tem influenciado profundamente a vida humana, não só no que diz respeito aos hábitos alimentares e à conservação dos alimentos, mas também nos aspetos humanos, económicos, mitológicos e religiosos. Por último, apesar de não menos importante, o sal também está envolvido em crenças, hábitos e superstições. O sal era um produto muito apreciado na troca de mercadorias, como se pode verificar pela criação das chamadas "rotas de sal". Através delas, os comerciantes transportavam e vendiam esse produto em países onde ele não era produzido. O sal serviu como dinheiro em várias épocas e lugares, e tem sido a causa de guerras amargas (Kurlansky, 2002). Enquanto não temos muitos registos da importância do sal no comércio em tempos medievais e anteriores, em alguns lugares como o Saara e no Nepal, a negociação de sal dá hoje um vislumbre do que a vida pode ter sido há séculos atrás. Os Alquimistas usavam o símbolo quadrado para representar sal.

No entanto, algumas fontes confirmaram a presença dessa negociação em tempos pré-históricos. Os fenícios mostraram-se verdadeiros mestres na extração e comercialização de sal, mas apenas sob os romanos se pode falar de exploração real de salinas e da existência de uma rede de comércio generalizada. Foi precisamente durante o Império Romano que os soldados eram pagos com sacos de sal, "salário" (Young, 1977).

A obtenção do Sal a partir da evaporação de salmoura tem sido uma indústria comum em todo o mundo desde tempos remotos. O mais antigo vestígio deste tipo de indústria data do quarto milénio a.C. na Europa (Olivier e Kovacik, 2006) e do primeiro milénio a.C. na China (Flad et al., 2005) e América Central (Andrews, 1983). A extração do sal a partir da evaporação da água salgada continua a ser um processo comercial viável ao longo das zonas costeiras. (Kostick, 2002).

A salicultura abrange grande parte da história da Europa desde os tempos romanos. O sal era importante para a indústria química vitoriana. Registos medievais europeus dão-nos informações sobre a tecnologia de salicultura dessa época. No continente europeu, Veneza subiu para a grandeza económica através do seu monopólio de sal. A salicultura foi importante na região do Adriático / Balcãs, bem como na atual fronteira entre a Eslovénia e a Croácia. A cidade de Tuzla, na Bósnia-Herzegovina, é na verdade denominada de "Tuz", a palavra turca para "sal". Os grandes projetos de Filipe II de Espanha falharam devido à revolta holandesa no final do século XVI, e um dos fatores chave, de acordo com Montesquieu, foi o bloqueio bem-sucedido da Holanda às salinas Ibéricas, o que levou diretamente à falência espanhola (Badia, 1996). A França sempre foi um grande produtor de sal nas costas mediterrânicas e atlântica e, de fato, a França tem uma "estrada de sal" ao longo da costa do Mediterrâneo. O imposto sobre o sal foi uma causa importante da Revolução Francesa (Bergier, 1982). É corrente associar a frase "minas de sal da Sibéria" à totalidade da produção de sal na Rússia mas, no entanto, este é recolhido em vários lugares espalhados pelo país. Uma geração de minas de sal na Polónia esculpiu um tesouro nacional na Mina de Sal de Wieliczka, perto de Cracóvia.

No Médio Oriente, a cidade jordana de As-Sal, localizada na estrada entre Amã e Jerusalém era conhecido, em tempos bizantinos, como "Saltus" e foi a sede de um bispado.

A História da Índia recorda o papel proeminente do sal (Aggarwal, 1976). Houve até uma casta de escavadores de sal. Durante a época colonial britânica, o sal motivou o Hedge Grande e o seu papel na política britânica de fome de sal, e resistência do Mahatma Ghandi perante o domínio colonial britânico.

O Sal desempenhou um papel fundamental na história da África Ocidental, em particular durante o império comercial grande do Mali, nos séculos XIII-XVI.

O Sal também tem desempenhado um papel proeminente na exploração europeia das Américas e da história americana, canadense e mexicana. Os primeiros nativos americanos "descobertos" pelos europeus no Caribe estavam a recolher sal do mar em Sint Maarten, semelhante a outras ilhas do Caribe, como Anguilla (Andrews, 1983).

O sal também tinha um significado militar. Por exemplo, milhares de soldados das tropas de Napoleão morreram durante a sua retirada de Moscovo, porque os seus ferimentos não iriam curar devido à falta de sal. Em 1777, o britânico Lord Howe estava eufórico quando conseguiu capturar os fornecimentos de sal ao general Washington. No rescaldo da guerra, o restabelecimento da produção de sal de um país devastado é uma prioridade na reconstrução, como é visível no Japão depois da segunda Guerra Mundial.

Da mesma forma, ao longo da história, o sal foi sujeito ao monopólio governamental e a impostos especiais. Os chineses, como muitos outros governos ao longo do tempo, percebendo que todos precisavam de sal, criou um monopólio de sal e criou impostos como uma fonte de receita importante. O imposto sobre o sal era manipulado para incentivar certas atividades e foi uma das causas que levaram à derrocada do governo Imperial da China, no início do século XX. Hoje em dia, o imposto sobre o sal na China continua a ter uma importância significativa.

Em suma, olhando a inócua substância branca granular que conhecemos hoje como "sal" historicamente, tem sido tão essencial para toda a vida como algo a que se atribui o valor máximo (Adshead, 1992). A importância do sal como uma mercadoria só é comparável à importância do petróleo nos tempos que correm.

2.2.1 História de salicultura em Portugal

A indústria do sal é das mais antigas de Portugal, opinião partilhada por historiadores e escritores que, de alguma forma, abordaram esta matéria. A dificuldade está em provar qual a idade desta indústria através de registos documentais. As referências mais antigas, citadas por alguns autores, remontam à época romana, pelos vestígios materiais que chegaram até nós, na zona sul do Portugal. É certo que o país possuía, desde longa data, condições propícias para fazer sal. Portugal é, por excelência, um país de sal (Rau, 1994).

As condições climáticas, a extensão da nossa costa e as suas características foram, sem dúvida alguma, decisivas para o desenvolvimento desta indústria. Dotado de uma extensa costa marítima sujeita a ventos secos e quentes e elevadas temperaturas durante o verão todo, Portugal possui condições favoráveis ao desenvolvimento da salicultura. Estas condições, combinadas com técnicas perfeitamente adequadas, fizeram do sal um produto bastante divulgado e procurado (Serrao, J, 1920).

Observando os componentes dos vários centros produtivos ao longo da História, é possível estabelecer quatro grandes centros produtores com preponderância no comércio, quer nacional quer internacional. Na Idade Média, a cidade de Aveiro domina a produção nacional e o comércio interno e estrangeiro; nos finais do século XIV e durante o século XV, a produção do sal no Algarve desempenha um papel importante no comércio nacional e externo; entre o século XVI e XVIII, Setúbal e Alcácer, superam Aveiro e tornam-se os maiores centros produtores do país, abastecendo o mercado interno e externo (Alcoforado, 1877; Lobo, 1790).

Atividade milenar em Portugal, as primeiras referências à produção de sal marinho remonta ao século VIII a.C. com a introdução, pelos Fenícios, da indústria de conservas de peixe baseada na salga em tanques; as marés, praticamente inexistentes no Mediterrâneo, permitiram aqui, no Algarve Ocidental, a instalação de grandes áreas de salicultura.

A costa Atlântica da Península Ibérica tem tido, desde há muito, uma excelente reputação pela sua produção de sal. O prato mais famoso na época do Império Romano, o Garum Ibérico, era aqui confeccionado e consistia numa pasta de peixe em azeite com ervas aromáticas e salgado com sal marinho retirado das salinas da região.

A salicultura tradicional foi uma atividade humana estruturante do litoral algarvio, sendo atualmente Castro Marim o núcleo mais representativo, não só por constituir uma unidade geográfica bem definida, mas também porque nele persiste a maior comunidade de salicultores artesanais.

O setor salineiro atravessou várias crises, ao longo dos séculos, motivadas por políticas desfavoráveis e crises económicas internacionais que levaram à falência das indústrias conserveiras. No entanto, é nos anos 70 que se assiste ao acentuado declínio da atividade, devido aos custos da mão-de-obra e ao sucesso da conservação a frio. O abandono de muitas unidades tradicionais, a sua reconversão em aquaculturas e explorações mecanizadas modelaram a nova paisagem.

Nesta paisagem, resistiu um pequeno núcleo de cerca de oito produtores sediados em Castro Marim, e dois ou três em Tavira e Olhão, movido pela “paixão do sal”, pelo apego ao território, por um trabalho feito a um ritmo próprio e pela subsistência sem padrão.

Com o objetivo de reativar a salicultura tradicional, a Reserva Natural do Sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António implementou um projeto de revitalização das salinas tradicionais, cujo principal objetivo era a valorização do sal marinho tradicional através da obtenção de uma certificação assente na elevada qualidade do produto, baseada nas características naturais da área e na utilização de uma técnica artesanal.

É interessante observar que, sendo das indústrias mais antigas no país, ela vai aparecendo aqui e ali, fruto das necessidades ou exigências económicas das comunidades ribeirinhas que se desenvolvem ao longo do litoral português e que fazem desta indústria, ainda incipiente, o seu modo de vida. A sua inteligência prática ou experiência e sensibilidade para observar a natureza e aproveitar os recursos que esta lhe oferecia, fez com que descobrissem os processos adequados ao amanhã da terra, e a conseguissem adaptar à produção sal (Alcoforado, 1877).

2.3 Salicultura como um componente da economia de Portugal

A costa atlântica de Portugal continental, com comprimento de cerca de 950 quilómetros (Martins, 1947; Andrade & Freitas, 2002), compreendida entre a foz do rio Minho em Caminha e a Foz do Guadiana, apresenta condições extremamente favoráveis para um maior aproveitamento do enorme potencial existente para a produção de sal marinho por evaporação solar, especialmente o Sul, como é próprio de um país que se estende em latitude (Rau, 1963; Godinho, 1983).

Em termos de solo, matéria-prima e clima, é no Algarve que se encontram reunidas as melhores condições para a produção de sal marinho, tendo esta representado, em 2010, cerca de 90% da produção nacional (INE, 2010).

Em 2010, a produção de sal marinho no Continente (cerca de 45 mil toneladas) registou uma diminuição de 38,4% em relação a 2009 (Anexo 1). A produção média anual por salina foi de 857 toneladas, tendo o valor mínimo sido registado no Centro (68 toneladas/salina) e o máximo no Algarve, com 1 379 toneladas/salina.

Existem 52 salinas sendo 19 na Região Centro, 4 na Região de Lisboa e Vale do Tejo e 29 no Algarve que foram, em 2010, responsáveis pela produção de cerca de 45 000 toneladas de sal. O Algarve foi responsável por 89% da produção.

Em termos absolutos, o decréscimo da produção de sal marinho deve-se ao facto de muitos produtores se terem dedicado à produção de flor de sal onde, apesar de se obterem quantidades mais baixas, se conseguem valores mais elevados na comercialização do produto.

As salinas reúnem ainda condições favoráveis para o desenvolvimento de outras atividades que, em complementaridade com a salicultura, poderão ser geradoras de riqueza. Neste âmbito, cabe destacar a produção, ainda em pequena escala, que tem vindo a ser desenvolvida no domínio das microalgas, suportada em avançadas técnicas biotecnológicas.

2.4 Compreender uma salina.

2.4.1 Princípios fundamentais da produção do sal marinho

Segundo Sá, M. (1946), salinas são reservatórios construídos em geral à beira-mar, à beira dos lagos salgados, ou nas margens dos rios, dispostos de maneira a permitir uma evaporação metódica das águas salgadas, que determina a deposição do sal que, depois, obedecendo a certos preceitos, é colhido para consumo direto do homem ou outras utilizações.

Alcoforado (1877) define salina como um conjunto de compartimentos, ordinariamente retangulares, construídos nas praias e destinados a evaporar a água do mar com o fim de obter o cloreto de sódio (o vulgo sal) por cristalização.

O processo de cristalização é controlado pela temperatura e a velocidade do fluxo de ar sobre a superfície de água. Para conduzir este processo de forma quantitativamente significativa é preciso dispor de zonas costeiras com extensa superfície, afim de permitir o contacto entre a água salgada e a atmosfera que proporcione a área de contacto adequada.

Segundo Lepierre, (1936) estas condições aliadas a uma experiência de quase dois mil anos, ensinaram os salineiros portugueses de tal maneira que o sal produzido no país é um dos melhores do mundo.

Tendo em conta a importância da evaporação, a construção e tamanho das salinas deve obedecer a determinados princípios físicos que os salineiros frequentemente desconhecem, embora ponham em prática alguns deles, pela experiência acumulada e transmitida de gerações em gerações. Como refere Alcoforado (1877), os nossos salineiros e os proprietários das salinas ignoram, quase todos, os princípios rudimentares da física em que repousa o fenómeno da salinização; e não tem mesmo um meio fácil de o saber, para se emanciparem por uma vez da rotina e do empirismo.

Estes princípios são fundamentais para compreender os fenómenos que se operam nas salinas aquando da produção do sal. A qualidade do produto, as técnicas utilizadas e a maior ou menor complexidade nos trabalhos da salicultura, são determinados por estas condições.

Em 1877, Alcoforado fez uma análise científica destes princípios. Este trabalho foi completado por Charles Lepierre no ano de 1936:

- A evaporação aumenta com o aumento da temperatura.
- A evaporação aumenta com a velocidade das correntes aéreas, (Alcoforado, 1877).
- A evaporação é proporcional à superfície do líquido exposto à ação dos agentes atmosféricos e não à profundidade dos mesmos líquidos.
- A concentração da água salgada aumenta com a evaporação. Tendo em conta que, o fenómeno da evaporação aumenta com o aumento do calor e do vento, e, sendo este fenómeno fundamental para a produção do sal, os locais mais expostos ao calor e ao vento são os mais propícios para a salicultura.
- A evaporação aumenta a densidade de um líquido salgado, na razão direta do grau de salinidade que ele apresenta quando inicia a concentração.
- A evaporação das soluções salinas diminui à medida que a concentração aumenta.
- À medida que a água do mar se evapora de uma salina, a sua densidade aumenta, já que o cloreto de sódio tem uma densidade superior à da água. O repouso da massa de água sujeita à cristalização dá lugar à formação de cristais de tamanho considerável. Pelo contrário, a agitação da solução provoca a formação de cristais pequenos.

Hoje em dia, estes princípios continuam a ser um processo comercial viável no mundo inteiro. (Kostick, 2002).

2.4.2 Constituição da salina

Segundo Lobo (1790), todas as salinas destes reinos compõem-se de diferentes ordens de reservatórios destinados a facilitar a evaporação da água salgada, mudando-se esta de uns para outros, concentra-se cada vez mais, até que entrando nos últimos, cristaliza-se o sal em mais ou menos tempo segundo o estado em que entra, e as circunstancias, que favorecem ou retardam a cristalização.

Assim, os vários reservatórios que constituem as salinas podem agrupar-se em três categorias:

- **Reservatório geral** – armazena a água do mar que recebe, diretamente ou indiretamente para fornecer, na ocasião oportuna, os outros reservatórios. A sua capacidade deve ser, em princípio, igual à soma das capacidades dos outros reservatórios.
- **Reservatórios de preparação e concentração** de água, para abastecer água salgada de salinidade 2 ou 3 vezes superior à inicial.
- **Reservatórios cristalizadores ou talhos**, onde se processa a cristalização do sal das soluções sobressaturadas.

Todos os reservatórios comunicam entre si (por canais ou condutas) para que a água vá passando de uns para os outros até chegar aos talhos. As dimensões dos reservatórios da cristalização podem ser muito variadas, conforme o tipo de exploração (mecânica ou manual).

2.4.3 Etapas de produção do sal nas Salinas Artesanais

O processo de produção do sal nas salinas artesanais (Figura 3) caracteriza-se pela simplicidade tecnológica, no sentido em que pode prescindir de uso das máquinas, podendo todas as atividades serem desenvolvidos manualmente. Por outro lado, é um processo complexo que requer um conhecimento vasto num conjunto variado de domínios. Talvez sem se dar por isso, o salineiro seja um artista, um químico, um engenheiro, um meteorologista e um matemático.

O processo de produzir sal é simultaneamente uma arte e uma ciência (Kwok, Ng, Taboada, & Cisternas, 2008; Song & Yan, 2003). O uso de águas tem de ser planeado antecipadamente para que o sal cristalize nas salinas à medida que a água se vai evaporando. O grau de salinidade das águas vai determinar o momento em que os vários componentes dissolvidos serão cristalizados. Este é um dado importante quando se deseja maximizar a quantidade obtida de compostos dos elementos tais como o cálcio, o magnésio ou o potássio, no produto final.

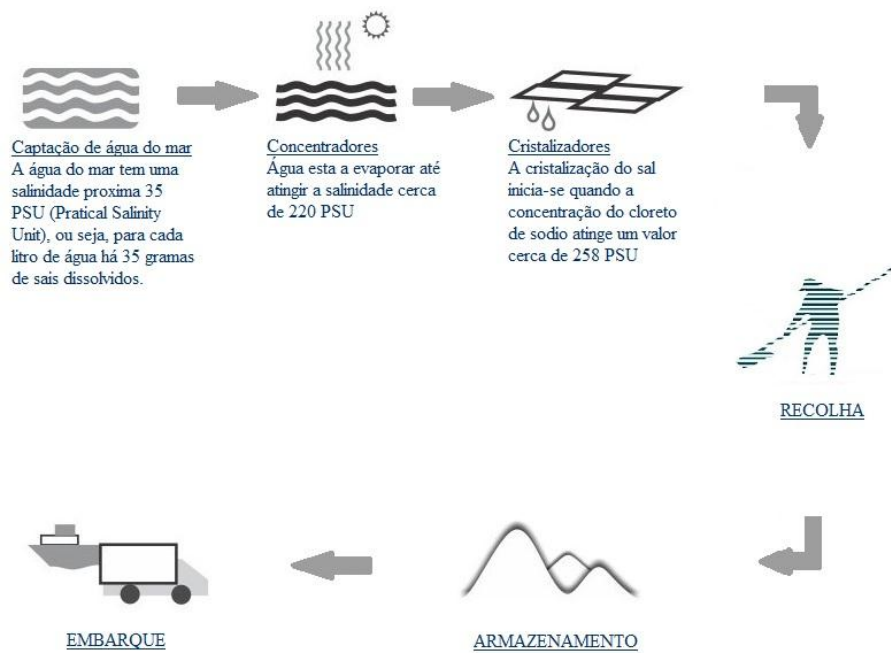


Figura 3. Produção de sal nas salinas artesanais

As etapas principais de produção do sal (<http://www.taviusa.com/pt/making.html>):

➤ **A primeira etapa** – Preparação das Salinas:

Depois da colheita do ano anterior, as salinas são alagadas de forma a proteger as barreiras naturais das salinas da erosão provocada pela chuva e pelo vento. Na primavera, normalmente em março, a água é drenada e as salinas são limpas das lamas que se formaram durante o inverno e preparadas para a nova colheita. Qualquer dano estrutural ou erosão causada nas salinas terá de ser reparado por esta altura. Os limos depositados e os restos vegetais são também removidos nesta altura.

➤ **A segunda etapa** – Preenchimento do Reservatório:

O processo de formação de sal começa com a entrada de água do mar num primeiro reservatório durante as marés-altas, momento em que a água é mais adequada à produção de sal. Este reservatório funciona como um tanque de reserva em que são armazenadas as águas e que passarão por processo de pré-concentração nos períodos de marés mortas.

➤ **A terceira etapa** – Aumento de concentração dos sais dissolvidos:

De forma a obter águas com maior concentração de sal, são usados tanques ou viveiros pouco profundos de cerca de 0,5 metro (comunicação pessoal Jorge Raiado) para maximizar a velocidade de evaporação sob o efeito de absorção da energia solar incidente pelo fundo, normalmente escuro, do tanque pré-concentrador. Desta forma, as salinas são naturalmente extensas, característica que as permite beneficiar do efeito cinético provocado pelo ação de vento sobre a superfície da água. Durante este processo, o grau de salinidade da água aumenta, alcançando quase o ponto da cristalização (até 220 PSU (Practical Salinity Unit), ou seja, para cada litro de água há 220 gramas de sais dissolvidos).

➤ **A quarta etapa** – **Cristalização:**

Nesta fase do processo, a salmoura que se encontra nos tanques de pré-concentração é canalizada para os cristalizadores. A cristalização do sal inicia-se quando a concentração de cloreto de sódio atinge cerca de 0,258 toneladas de sal para uma tonelada de água. Os cristalizadores constituem teias geométricas de tanques retangulares, mais pequenos, denominados talhos, à volta das quais circula salmoura. Os diques/ bermas que separam os talhos e que se designam por «barachas», permitem ao salineiro trabalhar e ao mesmo tempo funcionam como local para o sal recolhido ser drenado do excesso de água, antes de se passar à fase de armazenamento.

➤ **A quinta etapa** – Recolha do Flor de Sal:

A Flor de Sal, a “fina flor do sal marinho”, é composta por pequenos cristais quebradiços e deve a sua brancura ao facto de nunca tocar no fundo da salina.

A produção de Flor de Sal consiste num processo paralelo à produção de Sal Marinho Tradicional. A água ao evaporar nos cristalizadores das salinas permite a formação de cristais de sal que se formam, inicialmente, à superfície da água e que se vão depositando, com o tempo, no fundo dos talhos; os cristais de sal que se formam à superfície da água constituem a Flor de Sal.

A colheita do sal é realizada de forma manual a partir dos diques separadores e com recurso a longos ancinhos de madeira.

Por sua vez, a flor de sal é recolhida à superfície da água, através do uso de finas redes fixadas na ponta de varas de cerca de 2 metros de comprimento.

➤ **A sexta etapa** – Recolha do sal grosso:

O sal grosso é resultado de várias semanas de evaporação por efeito do sol e do vento e do processo de cristalização das águas salinas altamente saturadas. É quando o sal acumulado atinge o seu valor máximo que a sabedoria do salineiro é posta em prática

A qualidade do sal obtido depende da sabedoria e conhecimentos deste, cujo método e dedicação permitem obter um sal naturalmente branco e de cristais resplandecentes. A camada superior do sal acumulado na salina é quebrado por um rodo de madeira e ainda por agitação, sendo depois disso puxado com esse rodo para as bermas das salinas (barachas). Deve ser sempre deixada uma camada de sal no fundo para não se chegar à parte do depósito onde se encontra o fundo de argila.

➤ **A sétima etapa** – Armazenamento do sal produzido:

O sal recolhido é colocado em forma de pirâmide nas barachas onde fica a repousar durante 2 a 3 dias. Neste processo, a maior parte da água contida no sal é escorrida para os talhos. No final desta fase, o sal está pronto para armazenamento ou para ser processado/embalado.

3 Fundamentação teórica

3.1 Tecnologias de informação

No mundo real a informação tornou-se tao importante que Drucker (1993) defende o primado da informação como a base e a razão para um novo tipo de gestão, em que a curto prazo se perspectiva a troca do binómio capital/trabalho pelo binómio informação/conhecimento como fatores determinantes no sucesso empresarial. Caminha-se para a Sociedade do Saber em que o valor da informação tende a suplantar a importância da capital. A informação e o conhecimento são a chave da produtividade e competitividade.

Segundo Greenwood, referido por Cautela e Polioni (1982), a informação é considerada como o ingrediente básico do qual dependem os processos de decisão, mas, se por um lado, uma empresa não funciona sem informação, por outro, é importante saber usar essa mesma informação e aprender novos modos de ver este recurso para que a empresa funcione melhor, isto é, para que se torne mais eficiente. Assim, quanto mais importante for determinada informação para as necessidades da empresa, e quanto mais rápido for o acesso à mesma, tanto melhor essa empresa poderá atingir os seus objetivos.

Isto leva a que se considere que a quantidade de informação e os dados de onde provem sejam, para a organização, um importante recurso que necessite e mereça ser gerido, sendo este o objetivo da Gestão da Informação.

Segundo Wilson & Gallant (2000), a gestão da informação é entendida como a gestão eficaz de todos os recursos de informação relevantes para a organização, tanto de recursos gerados internamente, como os produzidos externamente e fazendo apelo, sempre que necessário, às tecnologias de informação.

Segundo Anthony (1965), na gestão de uma unidade económica que tem por base a obtenção e utilização de recursos de forma eficiente para se atingir os objetivos organizacionais, é necessário informação a três níveis: estratégico, operacional e tático. Neste sentido, à medida que descemos na pirâmide hierárquica organizacional a especificidade aumenta, pois é necessário resolver problemas mais específicos de

determinada tarefa, enquanto ao nível de topo as preocupações são mais gerais, afetando a generalidade das funções da organização.



Figura 4. Sistemas de Informação

A gestão da informação deve assentar num Sistema de Informação desenvolvido à medida das necessidades da empresa, desempenhando um papel de apoio na articulação dos vários subsistemas que a constituem (entendida como um sistema global) e os sistemas envolventes, na medida em que efetua o processamento de dados provenientes de múltiplas fontes (ver Figura 4), gerando informação útil e em tempo real para a gestão e tomada de decisões na empresa, de forma a criar vantagens competitivas no mercado.

A gestão de informação, sendo uma disciplina relativamente nova que tenta fazer a ponte entre a gestão estratégica e a aplicação das Tecnologias de Informação (TI) nas empresas procura, em primeiro lugar, tentar perceber qual a informação que interessa à empresa para, de seguida, definir processos, identificar fontes e modelar sistemas. As novas Tecnologias de Informação são instrumentos que tornaram possível gerir a informação em novos moldes, agilizando o fluxo das informações e tornando a sua transmissão mais eficiente (gastando menos tempo e menos recursos), facilitando, por sua vez, a tomada de decisões.

Da observação deste cenário, somos levados a afirmar que todas as empresas deverão fazer uma reestruturação organizacional em torno da informação. É aqui que deve ter lugar a gestão de tecnologias de informação, consideradas como uma nova e importante fonte de vantagem competitiva.

Apesar das Tecnologias da Informação (TI) atualmente fazerem parte da agenda estratégica das empresas, esta é uma realidade recente. Pode-se dizer que foi na década de 60 que o furor nas empresas devido às TI começou mas só nos anos 90, com a convergência da informática com as telecomunicações, o alinhamento das TI com os negócios se tornou premente. Iniciou-se então a “Era da Tecnologia da Informação”. Hoje em dia, as TI destacam-se pela Internet e pela computação móvel que permite o acesso à informação em qualquer lugar e momento, dando assim início ao que já se designa por “Era da Computação Ubíqua” (Applegate, et al., 1996).

A importância estratégica das TI foi definitivamente incorporada nas empresas que procuraram novas maneiras de administrá-la, a fim de obter plenamente os seus benefícios através do outsourcing como uma das alternativas. No final da década, a Internet reforçou essa tendência e presenciou-se o nascimento do e-business que marca sem dúvida o início de uma nova era na computação empresarial.

Além da mudança do foco das TI nas organizações, outra mudança teve lugar na década de 90, referente à maneira como as organizações obtêm os sistemas de informação necessários para a sua operação. Se, no início da utilização, as empresas contavam com equipas de analistas e programadores para desenvolver programas específicos para as suas necessidades, com o desenvolvimento da tecnologia, surgiram novas ferramentas e aplicativos. Ocorreram mudanças na relação entre as empresas e as ferramentas de TI, e a ideia de substituição de sistemas desenvolvidos pelos programadores da própria empresa, por sistemas comprados prontos a usar (“out-of-the box”), também denominados por “pacotes”, passou a ser considerada como uma possibilidade válida.

Caminha-se para o que certos autores (Szafir-Goldstein, et al., 2003) designam de “Empresa Digital”. O conceito de Empresa Digital é justamente a total utilização dos sistemas de informação para a realização dos seus negócios.

3.2 Sistemas de Informação Geográfica

Os Sistemas de Informação Geográfica têm sido definidos como conjuntos integrados de hardware e software capazes de desempenhar funções diversas, nomeadamente, a

captura, organização, manipulação, análise, modelação e apresentação de dados espacialmente referenciados e desenvolvidos para resolver problemas complexos de planeamento e de gestão. (Raper, 1991; Machado, 2000).



Figura 5. Componentes de sistemas de informação geográfica

Apesar de variável, a definição de SIG, está frequentemente associada a cinco componentes (ver Figura 5), que se complementam e que devem funcionar numa perspetiva unidirecional. Com efeito, concorrem para o funcionamento do sistema os seguintes componentes: pessoas, procedimentos, dados, hardware, software e aplicações.

As pessoas, ou a vertente humana do SIG, são o elemento integrador das restantes componentes. Para tal, é extremamente importante uma formação técnica que lhes permita agilidade para trabalhar com este tipo de novas tecnologias. Uma das competências mais importantes para um gestor de sistema passa pela sua capacidade de integração na empresa e, em particular, nos fluxos e procedimentos internos da organização. Depois da organização da informação geográfica e da criação de alguns procedimentos, o responsável pelo SIG deverá atuar como relações públicas dentro da organização, ou seja, deverá reunir com os diversos departamentos no sentido de perceber os procedimentos de cada um, e onde é que o SIG os poderá ajudar a melhorar o seu dia-a-dia. Entende-se portanto que o SIG deverá trabalhar para os outros.

A uniformização de critérios e simplificação de procedimentos fazem com que a componente de procedimentos seja um dos últimos fatores a estabilizar. Nesta área, o método de tentativa-erro é por vezes o mais útil, já que permite a revisão desses mesmos procedimentos e a sua adaptação à realidade da organização. No entanto, os

procedimentos traduzem-se geralmente na mudança de formas de trabalhar que, quando não são bem aceites, podem comprometer a concretização dos objetivos previamente estipulados.

Os dados/informação são o cerne de qualquer instituição e/ou projeto, no qual o SIG não é exceção. Porém, por si só têm pouco valor, devendo estar inseridos numa base de dados, acessível a toda a organização e utilizadores, segundo uma política de gestão de perfis. A interoperabilidade dos dados é fundamental para que o sistema seja aberto e tenha capacidade de integração com outros sistemas de informação.

Existem diversos tipos de software e aplicações no mercado, criados por várias empresas da área que certas vezes acabam por dificultar a escolha do gestor SIG. A escolha da tecnologia a adotar deveser minuciosa, sendo importante um conhecimento aprofundado das funcionalidades de cada uma e se essas funcionalidades irão ser utilizadas no quotidiano para que não se adquira software desnecessário, garantida sustentabilidade e escalabilidade do projeto.

A escalabilidade é, hoje em dia, cada vez mais um ponto relevante a ter em conta em projetos SIG, sendo necessário pensar a médio/longo prazo para que não surjam problemas na expansão do sistema. Não menos importante nesta componente é a integração com outros sistemas de informação, sendo fundamental que a tecnologia adotada utilize standards de mercado, pois os SIG são hoje uma plataforma integradora de todos os sistemas de informação que compõem uma organização.

3.2.1 Modelos em SIG

No âmbito dos Sistemas de Informação Geográfica distinguem-se três tipos principais de modelos: modelos cartográficos, modelos baseados em regras e modelos estatísticos (Johnston, 1998). Os modelos cartográficos resultam da simples combinação de várias camadas de informação, recorrendo às capacidades operativas dos SIG (Berry, 1993; Johnston, 1998), com o objetivo de localizar áreas com as propriedades ecológicas desejadas. A modelação baseada em regras recorre a sistemas periciais para o estabelecimento de regras de decisão (e.g. Walker, 1990; Pereira & Duckstein, 1993). O próprio sistema “aprende” a relação entre as camadas de informação e estabelece uma série de critérios para a modelação ecológica. Nos modelos estatísticos é estabelecida

uma relação empírica entre as variáveis ambientais e determinada propriedade ecológica (variável resposta), através da estimação de parâmetros cuja validade é estatisticamente testável. Outro conjunto de modelos estatísticos é baseado em técnicas de interpolação espacial, caso em que a modelação geográfica de uma característica ou fenómeno é baseada exclusivamente em informação de natureza espacial (Maurer, 1994).

Em termos práticos, a representação dos fenómenos espaciais segundo estes modelos conceituais, e outros existentes, é estruturada de forma diferente dentro do SIG, num formato de dados geográficos correspondente.

Segundo Matos (2001), atualmente existem vários formatos de dados que se dividem em vetorial relacional (topológico e não topológico), matricial bi- e tridimensional, vetorial orientado por objetos, difuso, temporal e vetorial tridimensional. Deste conjunto de formatos, os mais utilizados são o vetorial relacional (topológico ou não topológico) e o matricial bidimensional, normalmente designados por formato vetorial e formato raster, respetivamente. A primeira estrutura dos dados conforme o modelo conceitual de representação de objetos e o segundo conforme o modelo conceitual de representação de campo.

Todas as variáveis ambientais a serem utilizadas no presente projeto, que servirão de input aos modelos a realizar, são disponibilizadas em formato vetorial (e.g. unidades de salinas, áreas de evaporação). No entanto, a estratégia definida para a elaboração dos referidos modelos carece da sua transformação para o formato raster.

– **Modelo de dados vetorial:**

O formato de dados vetorial representa o espaço como uma série de objetos discretos com base em três elementos básicos de representação (ponto, linha e área ou polígono), referenciados por coordenadas Cartesianas. Estes elementos são caracterizados pelo facto da sua localização geográfica poder ser definida de forma precisa e independente, como ter a sua relação topológica. Topologia é o conjunto de relações espaciais entre as entidades representadas num tema de informação, que armazena a forma como se encontram interligadas (conectividade, etc.) (Burrough & McDonnel 1998). Assim, neste formato, um fenómeno espacial é modelado em termos da sua representação gráfica e também em termos dos seus atributos, que podem ser geográficos, mas também não geográficos, apenas descritivos, e que estão interligados com a representação gráfica de cada entidade representada.

– **Modelo de dados matricial ou raster:**

Os fenómenos espaciais que são melhor representados pelo modelo concetual de campo, com as suas características de ocupação do espaço, são melhor representadas por uma estrutura de células raster. O formato matricial ou raster consiste da divisão do espaço numa matriz ou malha triangular, hexagonal ou quadrangular (regular ou irregular), o que resulta num conjunto de células ou pixéis (Easson, 1999), que é o único elemento básico de representação deste formato. Cada célula representa uma porção da totalidade do espaço, equivalente à área do seu tamanho, que depende da resolução com que se define o tema de informação, isto é, quanto maior a resolução, menor a dimensão da célula. Assim, a representação do espaço constrói-se sobre a matriz, célula a célula, atribuindo a cada uma delas informação acerca do fenómeno que se está a representar, até preencher todas as células que a formam (Hurvitz, P.; 1998).

– **Modelos Digitais de Elevação:**

A posse de informação topográfica da área de estudo é essencial à elaboração do presente estudo. O Modelo Digital de Elevação (MDE) é uma superfície que representa dados de altitude; a partir dele, é possível derivar mais informação sobre a topografia da área em causa, nomeadamente o declive (Neves, 2008).

Modelar apropriadamente uma superfície real requereria o armazenamento de um número infinito de observações o que se torna impossível. Deste modo, o MDE cria uma superfície contínua, usando um número finito de observações. Os modelos de dados usados mais frequentemente para o MDE são conjuntos de células regulares (formato raster) ou conjuntos vetoriais de pontos regulares provenientes das observações (formato vetorial).

Dentro dos formatos vetoriais, o modelo Rede Irregular Triangulado, do inglês *Triangulated Irregular Network (TIN)*, é usado frequentemente em diversos programas comerciais de SIG (Neves, 2008). O TIN é uma forma simples de construir uma superfície a partir de um conjunto de pontos conhecidos e é uma técnica particularmente útil para pontos irregulares espaçados. No formato TIN, os dados de pontos conhecidos são conectados por linhas, para dar forma a uma série de triângulos. No contexto de um MDE, os vértices representam características do terreno reais tais como picos e as fronteiras representam cumes ou vales. Se o valor em cada vértice do triângulo é conhecido e a distância entre nós pode ser calculada, pode ser usada uma equação linear simples para calcular um valor interpolado para toda a posição dentro do limite do TIN

(Neves, 2008).

A vantagem principal do TIN é a eficiência de armazenamento de um número mínimo de pontos para reproduzir uma superfície. Além disso, considerando que se trata de uma série de triângulos para serem conhecidas a altura e a distância entre os pontos nos três vértices é possível, usando cálculos geométricos simples, calcular os declives, áreas e a volumes dos reservatórios. Conseqüentemente, não sendo necessário armazenar valores para estas características morfológicas como temas de informação (Neves, 2008).

3.3 Aplicação do geoprocessamento na salicultura

O geoprocessamento é o conjunto de tecnologias destinadas à recolha e ao tratamento de informações espaciais, bem como o desenvolvimento de sistemas e das suas aplicações. As características fundamentais de um sistema de geoprocessamento é criar, armazenar, recuperar e analisar mapas num ambiente computacional (Câmara, 1993).

O emprego do geoprocessamento na gestão de unidades de produção de sal possibilita a geração de um banco de dados no formato vetorial ou raster, georreferenciados, de acordo com uma única base cartográfica, o que permite efetuar avaliações, análises espaciais e simulações em função de variáveis como produtividade, declividade, geologia, etc., que subsidiam tomadas de decisão técnicas, administrativas, colheita, exploração e monitorização (Rocha, 2002) a serem implementadas nas salinas.

A evolução tecnológica oferece ferramentas sofisticadas de apoio às atividades no setor de salicultura. Entre estas, podem ser citadas a utilização de fotografias aéreas, imagens de satélite, imagens de sensores aerotransportados, a utilização do sistema GPS assim como o desenvolvimento da computação, envolvendo toda a tecnologia da informação processamento e análise dos dados levantados. É ampla a gama de utilização destas tecnologias, podendo ser aplicadas na definição dos processos de amostragem, nos mapeamentos, na prescrição da logística dos trabalhos de campo, entre outras.

A obtenção de dados pode ser realizada por meio de sensoriamento remoto com imagens de satélite, fotogrametria aérea ou amostragem direta no campo. O sensoriamento remoto tem como vantagem a cobertura de áreas extensas a custos relativamente baixos.

3.3.1 Topografia

Segundo Espartel (1977), a Topografia tem por finalidade determinar o contorno, dimensão e posição relativa de uma porção da superfície terrestre, sem levar em conta a curvatura resultante da esfericidade terrestre. Isso equivale a projetar sobre um plano, que se supõe horizontal, não só os limites da superfície a representar como todas as particularidades notáveis, naturais ou artificiais do terreno. Esta determinação se dá a partir do levantamento de pontos planimétricos e altimétricos, através de medidas angulares e lineares, com o uso de equipamentos apropriados.

O conjunto de pontos devidamente calculados e corrigidos dá origem ao desenho topográfico que se denomina «Planta Topográfica», e que representa a porção da superfície terrestre que foi objeto de levantamento.

O levantamento topográfico consiste no conjunto de métodos e processos que, através de medições de ângulos horizontais e verticais, de distâncias horizontais, verticais e inclinadas, com instrumentos adequados à exatidão pretendida, primordialmente, implanta e materializa pontos de apoio no terreno, determinando as suas coordenadas topográficas. Acrescentam-se a estas coordenadas, os pontos de detalhe visando a sua exata representação planimétrica numa escala pré-determinada e à sua representação altimétrica por intermédio de curvas de nível, com equidistância também pré-determinada e/ou pontos cotados.

Tradicionalmente, o levantamento topográfico pode ser dividido em duas partes: o levantamento planimétrico, onde se procura determinar a posição planimétrica dos pontos (coordenada X e Y) e o levantamento altimétrico, onde o objetivo é determinar a cota ou a altitude de um ponto (coordenada Z). A realização simultânea dos dois levantamentos dá origem ao chamado levantamento planialtimétrico.

A aquisição dos pontos necessários a essa representação pode ser feita recorrendo à tecnologia GPS - Global Positioning System (Sistema de posicionamento global).

3.3.2 Sistema de posicionamento global - GPS

O advento da “Era Tecnológica” estabeleceu mudanças significativas em várias ciências, em particular nos métodos de posicionamento geográfico. Uma das tecnologias implementadas foi o Sistema GPS - Global Positioning System - sistema projetado para

fornecer o posicionamento instantâneo de um ponto sobre a superfície da Terra ou próximo a ela.

Este sistema foi desenvolvido pelo Departamento de Defesa dos EUA, originalmente criado com fins militares estratégicos (Monico, 2000). A partir de meados da década de setenta, o seu uso foi estendido para aplicações civis, tendo passado por uma contínua evolução desde então. Representa atualmente uma nova alternativa de posicionamento para a cartografia e ciências afins.

De forma objetiva, o Sistema de Posicionamento Global forma uma constelação de 24 satélites operados pelo Departamento de defesa dos Estados Unidos. Através de sinais constantemente emitidos por esses satélites, pode calcular-se e obter coordenadas precisas para qualquer posição na superfície da Terra. O sistema está distribuído em 6 órbitas distintas, a uma altitude aproximada de 20.200 km, com plano orbital de 55° de inclinação em relação ao plano equatorial e um período de revolução de 12 horas siderais.

O posicionamento por meio do GPS baseia-se na triangulação a partir de satélites. Para essa triangulação, o sistema determina a distância recetor-satélite através do tempo que um sinal de rádio leva, a partir de sua saída do satélite, para chegar ao recetor. Isto é feito através de uma correlação dos códigos gerados e recebidos, através da geração simultânea e sincronizada de sinais idênticos pelo satélite e pelo recetor. Pelo desfasamento entre os sinais determina-se a diferença de tempo em que o sinal demorou a percorrer a distância recetor-satélite. Para completar o cálculo da posição do recetor GPS, são necessários ainda: (a) o conhecimento da posição no espaço de cada satélite utilizado na triangulação; (b) os fatores para a realização da correção dos efeitos provocados pela atmosfera terrestre e atraso no sinal; e, (c) uma medida extra para compensar o efeito do desfasamento do relógio do recetor. Assim há a necessidade de pelo menos quatro satélites para a determinação das coordenadas X, Y e Z (Vettorazzi et al.,1994).

Para Rocha (2000), o posicionamento pelo método GPS é baseado em dois tipos de medições diretas satélite/recetor, onde estas medidas são baseadas nos códigos (medida das pseudo - distâncias) e as medidas baseadas nas ondas portadoras (medidas de fase). Nas medidas baseadas nas ondas portadoras destaca-se o posicionamento absoluto e o relativo:

- Posicionamento absoluto: medem simultaneamente as distâncias entre o recetor e três satélites. Conhecendo a posição atual de cada satélite, pode-se calcular, em

tempo real, a posição do recetor. Os satélites são os pontos de estação conhecidos;

- Posicionamento relativo: nesta forma é conhecido de antemão, um ponto sobre o sistema global de coordenadas, pode-se determinar com boa precisão, um outro ponto, relativamente ao primeiro. Quando modificadas as equações do sistema, para que se considere haver um ponto com coordenadas conhecidas e fixas, a precisão do sistema torna-se sub-métrica.

3.3.3 Levantamentos de Campo

Compreende um conjunto de atividades que visam, através de medições de campo, determinar posições relativas de pontos sobre a superfície terrestre. Desta forma, permitem a representação de porções da superfície com seus acidentes naturais e artificiais, complementações e atualizações de mapeamentos existentes, localização de pontos, coleta de dados, bem como apoio a projetos de engenharia, estudos geológicos, hidrológicos, de vegetação, uso da terra, etc.. Entre os tipos de levantamento de campo podemos destacar os levantamentos topográficos.

3.3.4 Vetorização

Para determinadas aplicações de SIG, o formato matricial apresenta restrições na manipulação, principalmente no que se refere à associação das feições com bancos de dados não-gráficos e à construção da topologia. Nestes casos, a melhor solução é a transformação dos dados de formato matricial para o formato vetorial. A essa transformação dá-se o nome de vetorização.

A escolha do método de vetorização deve ser baseada nos seguintes aspetos:

- Tipo de documento cartográfico a ser vetorizado (mapa altimétrico, planimétrico, temático, etc.);
- Estado de conservação do mapa (limpeza, nitidez das informações);
- Tempo necessário à vetorização para cada um dos três métodos.

A vetorização pode ser executada através de três métodos:

- Vetorização Manual - Este método dispensa qualquer tipo de pré-edição da imagem raster e consiste em percorrer a feição com o cursor, diretamente no monitor do computador, num processo muito parecido com a digitalização em mesa mas muito mais trabalhoso. As principais desvantagens do método referem-se à dificuldade de vetorizar das entidades raster pelo centro do pixel, o que provoca uma baixa produtividade.
- Vetorização Semi-Automática - Este método consiste na identificação manual, pelo operador, do ponto inicial de uma determinada linha raster a ser vetorizada. De seguida, a linha vai sendo rastreada e vetorizada automaticamente pelo sistema, utilizando técnicas de processamento digital de imagens até encontrar algum obstáculo, como por exemplo, cruzamento de linhas. Neste caso, o operador volta a intervir para reposicionar o cursor sobre a linha. É aconselhável realizar um preparo prévio do documento cartográfico adaptando-o às condições do processo de vetorização, a fim de se diminuir o tempo de edição posterior. Essa preparação pode ir desde o realce das bordas dos polígonos temáticos, até ao redesenho total do mapa, dependendo do documento e da finalidade a que se destina.

3.4 Modelação numérica

Modelação é o processo de predição de fenómenos, baseado em modelos matemáticos, que descrevem a evolução desses fenómenos. Um modelo pode ser definido como uma representação abstrata de um processo ou sistema do mundo real. Para que um SIG possa funcionar como apoio à modelação de fenómenos, será preciso possuir modelos de simulação numérica que descrevam adequadamente os fenómenos a ser estudados (com o possível uso de técnicas de estatística espacial) e integrar estas técnicas com as ferramentas de manipulação, recuperação e apresentação de dados espaciais (Câmara & Medeiros, 1998). A modelação ambiental, que simula processos ou fenómenos com o objetivo de prever um resultado ou um conjunto de resultados sobre uma ou mais variáveis, tem vindo a ser desenvolvida no sentido de tornar explícita a sua componente espacial. Este caminho tem conduzido à consideração e integração do SIG como ferramenta de eleição para acomodar os requisitos associados a dados espaciais. Como muitos destes modelos envolvem a componente espacial, rapidamente foi percebido o

interesse de os ligar aos SIG (Seixas, 2007). É essa abordagem de complementaridade entre a modelação e os SIG que será desenvolvida no presente projeto.

3.4.1 ExtendSim

ExtendSim (anteriormente conhecido como Extend) é um programa de simulação para a modelação de eventos discretos ou contínuos, baseado em processos previamente parametrizados.

Quando estamos a construir um modelo de simulação, é importante combinar a tecnologia de simulação correta para aplicar no modelo. No que concerne o uso de ExtendSim, está disponível uma grande variedade de tecnologias dentro de uma única família de ferramentas de simulação. Esta única aplicação de simulação contém eventos discretos, contínuos e também simulações baseada em agentes. Cada uma dessas tecnologias tem a suas áreas adequadas a aplicação.

Processos que são impulsionados pelo evento, mais do que pelo tempo, não se prestam para a modelagem permanente. No entanto, o sistema onde não há nada que possa ser identificado e rastreado, ou onde há tantas "coisas" que a identificação é sem sentido, não são adequados para a modelagem de eventos discretos. Nestas situações, a taxa de modelagem discreta é um ajuste mais natural em comparação com o uso de modelagem de evento contínuo ou discreto.

Modelos de taxa discreta de ExtendSim representam um único tipo de modelagem que combina as capacidades de taxa com base de modelos contínuos num ambiente baseado em eventos. Este tipo de modelo é especialmente útil para a simulação de processos de alta velocidade e/ou de alto volume que têm fluxos, taxas, eventos, restrições, capacidade de armazenamento e roteamento. A modelagem de taxa discreta elimina os erros de arredondamento causados por incompatibilidades entre eventos discretos e as etapas em tempo contínuo além de correr muito mais rapidamente do que os modelos de eventos discretos. Desta forma, respostas precisas são rapidamente alcançadas (Dameron & Nastasi, 2008).

Como é o caso dos modelos contínuos, as variáveis de estado em modelos de taxas discretas dependem das taxas de nível de inventário e do número de condutores. A

principal diferença é o mecanismo de alteração de eventos que são traduzidos em variáveis de estado. Em simulações contínuas, as variáveis mudam de estado em intervalos de tempo iguais durante uma simulação. Estes eventos de alteração de estado são impostos externamente pelo modelador e, portanto, são independentes do comportamento do sistema. No entanto, na taxa de simulações discretas como em modelos de eventos discretos, as variáveis de estado são alteradas apenas em pontos discretos no tempo. (Para eventos discretos, as variáveis de estado alteram quando os acontecimentos ocorrem e a taxa discreta muda quando o seu fluxo associado à taxa é alterado.) Estes eventos de alteração de estado são gerados internamente pelo modelo, e dependem assim do comportamento do sistema a ser modelado.

Num modelo de taxa ExtendSim discreta, as quantidades de fluxo (produto, material, dados, e assim em diante) estão localizadas numa ou mais partes do modelo. Durante a simulação, o fluxo move-se de um local do bloco para outro a uma determinada velocidade ou taxa efetiva. O movimento entre os blocos que mantêm a via ou o fluxo segue caminhos, regras e restrições que são definidas no modelo. Nos bastidores, o modelo é dividido em áreas onde os blocos incluídos são parte de um sistema global. Dentro de cada zona, os blocos são controlados por um programa interno linear (LP) que fornece a supervisão global para essa área. Numa área LP, cada bloco contribui com uma parte da equação LP da mesma. O resultado do cálculo LP é a taxa eficaz para aquela parte do modelo. Esta supervisão global de cálculos é exclusivo para ExtendSim que preserva o balanço de massa, ao resolver disputas quando os fluxos são misturados ou separados, como em ciclos de feedback.

ExtendSim não foi apenas o primeiro programa de simulação de "arrastar e soltar" mas também a primeira ferramenta de simulação gráfica para incorporar o conceito de componentes de modelagem como objetos. ExtendSim apresenta-se com bibliotecas de blocos contendo seu próprio comportamento, respostas a mensagens, interface e dados. Tudo isso cria uma arquitetura de modelagem muito flexível. Processos complexos podem ser modelados através da combinação de blocos pré-existentes. A partir do momento em que o processo tenha sido definido, pode ser encapsulado num bloco hierárquico e guardado numa biblioteca para a sua possível reutilização. Mesmo as ferramentas mais recentes de simulação são apenas variações sobre o tema básico desenvolvido pelo "Imagine That Inc." em 1989 (Pegden 2008, Hughes 2009).

A arquitetura ExtendSim continua esta tradição de inovação. A combinação de tecnologias de simulação e programação linear é um desenvolvimento inovador na modelagem de sistemas de alta velocidade e baseados em taxas.

Um modelo ExtendSim é criado pela adição de blocos para uma planilha modelo, conectando-os juntos e inserindo os dados de simulação. Cada tipo de bloco tem a sua própria funcionalidade, ajuda, ícone e conexões. Cada instância de um bloco tem os seus próprios dados. Os blocos realizam inúmeras funções num modelo de simulação incluindo:

- Simulação das etapas de um processo (atividade, fila)
- A realização de um cálculo (Matemático, número ao acaso)
- Interface com o armazenamento de aplicativos ou de outros dados (ler, escrever)
- Oferecer um modelo de utilidade (Localizar e substituir, Contar Blocos)
- Resultados do modelo gráfico (Plotter, Histograma)
- Ferramentas para a criação de interface (Popup, Buttons)

Os códigos fonte para todos estes blocos estão disponíveis e podem ser vistos ou modificados pelo usuário. Os blocos podem ser criados a partir de blocos existentes ou criados a partir do zero.

Blocos hierárquicos contêm outros blocos (seja programado ou hierárquico) o que ajuda a organizar o modelo. Estes também podem ser armazenados numa biblioteca e reutilizados nos modelos semelhantes ou diferentes. ExtendSim tem ferramentas para a criação de uma interface dentro do bloco hierárquica, tornando mais fácil, para o modelador, a exposição de parâmetros importantes e resultados.

ExtendSim inclui um banco de dados relacional para organizar e centralizar as informações de simulação. A utilização de uma base de dados num modelo permite que o modelador separe os dados de modelo dos dados de estrutura. Este banco de dados tornou-se uma característica fundamental em modelos ExtendSim de pequenas ou grandes dimensões e, em muitos casos, o processo de construção do modelo ExtendSim começa com a conceituação de um banco de dados. Após a sua conclusão, o modelo é construído para apoiar a organização de dados, o que permite uma melhor escalação e organização dos mesmos. Embora a biblioteca ExtendSim seja relativamente nova em comparação com o caso ExtendSim em eventos discretos e capacidades contínuas, ela

tem sido utilizada numa variedade de aplicações incluindo processos químicos, produtos farmacêuticos, fabrico de produtos de consumo, fabricação de alimentos, mineração, e a indústria do petróleo e do gás (Sharda & Bury, 2008).

ExtendSim tem uma variedade de tecnologias de modelagem de simulação. Uma descrição mais geral, pode ser encontrada nos relatórios da Conferencia de Simulação de inverno 2008 (Krahl, 2008). Com as capacidades do ExtendSim discreto, um modelador pode criar taxa de modelos que correm mais rapidamente, são mais fáceis de construir e são mais precisos.

3.4.1.1 Modelo numérico de salicultura tradicional

Um modelo numérico é, por definição, uma reconstrução formalizada necessariamente aproximada de um fenómeno real. As aproximações e as parametrizações utilizadas para a descrição dum processo no modelo podem facilmente conduzir a discrepâncias e desvios nos resultados do modelo, quando confrontado com a natureza. A otimização do modelo é uma tarefa complicada mas necessária já que, antes de qualquer aplicação com um mínimo de fiabilidade, o modelo deverá ser verificado, calibrado e validado. Só então o modelo poderá ser utilizado como uma ferramenta de simulação na investigação de um determinado processo. No entanto, não há um procedimento amplamente aceite para a realização dessas tarefas (Cheng et al., 1991). Calibração e validação de modelos aparecem de várias formas, dependendo da disponibilidade de dados, características da massa de água, e acima de tudo, as perceções e opiniões dos modeladores (Hsu et al., 1999). Tipicamente, a calibração é realizada por comparação qualitativa da série temporal curta de valores previstos com os dados de campo para o mesmo local e período de tempo (Cheng et al., 1993).

O modelo numérico apresentado neste trabalho é baseado num simples processo físico, contínuo, de evaporação da água para ambos ambientes: o de concentrador e do cristalizador.

Concentrador serve para aumentar a salinidade da água, quase ao ponto da cristalização (de 35 PSU até 220 PSU).

Um dos componentes principais que caracterizam a eficiência de Salina, é a **massa de**

água inicial no concentrador, que é uma variável dependente do volume do concentrador e a densidade da água do mar:

$$M_{AI} = V_{Co} \times \rho_{H_2O},$$

Onde,

V – volume de concentrador, [m³],

ρ_{H_2O} – Densidade água do mar, igual 1,025 [t/m³]

Massa de sal é igual:

$$M_S = M_{AI} \times S,$$

Onde,

M_S – massa de sal inicial, [t].

M_{AI} – massa de água inicial no concentrador, [t].

S – salinidade água do mar.

Uma das características principais de uma Salina é o **tempo necessário para a evaporação** da água para que esta possa atingir uma concentração de salinidade próxima do ponto de início de cristalização, que depende de capacidade de evaporação dos tanques e da massa de água que tem de ser evaporada:

$$T_{Co} = M_{AAco} / K_{Ev},$$

Onde,

T_{Co} – tempo necessário para evaporação, [dias].

M_{AAco} – massa de água a evaporar no concentrador, [t].

K_{EvCo} – capacidade de evaporação do tanque no concentrador, [t/dia].

Capacidade de evaporação do tanque é igual a:

$$K_{Ev} = A_{Co} \times E,$$

A_{Co} – área de superfície de concentrador, [m²].

E – evaporação, [m/dia].

Cálculo da massa de água a evaporar para aumentar a salinidade de 35 PSU até 220 PSU produzindo com base de uma relação simples:

1 t água – 0,22 t sal

M_{220} -- M_S t sal

$$M_{220} = \frac{1 \times M_S}{0,22},$$

Onde,

M_{220} [t] – quantidade de água com salinidade 220 PSU para uma massa de sal M_S .

Assim, a massa de água a evaporar é:

$$M_{AAco} = M_{AI} - M_{220}.$$

Cristalizadores servem para aumentar a salinidade de 220 PSU até 258 PSU, quando é alcançado o estado de saturação de cristalização do cloreto de sódio.

O cálculo dos parâmetros básicos do cristalizador é feito da mesma forma como no caso dos tanques de concentrador. Fica inalterada apenas a quantidade de sal que está saturada de água recebida pelo cristalizador.

Tempo necessário para a evaporação da água para atingir salinidade saturação, corresponde a 258 PSU, quando começa o processo de cristalização do sal.

$$T_{Co} = M_{AAcr} / K_{Ev},$$

Onde,

T_{Cr} – tempo necessário para se atingir a saturação no cristalizador, [dias].

M_{AAcr} – massa de água a evaporar no cristalizador, [t].

K_{EvCr} – capacidade de evaporação do tanque no cristalizador, [t/dia].

Capacidade de evaporação do tanque é igual a:

$$K_{Ev} = A_{Cr} \times E,$$

A_{Cr} – área de superfície de cristalizador, [m³],

E – evaporação, [m/dia].

Cálculo da massa de água a evaporar para aumentar a salinidade de 220 PSU até 258 PSU

1 t água – 0,258 t sal

M_{258} -- M_s t sal

$$M_{258} = \frac{1 \times M_s}{0,258},$$

Onde,

M_{258} [t] – quantidade de água com salinidade 258 PSU para uma massa de sal M_s .

Assim, a massa de água a evaporar é:

$$M_{AAcr} = M_{AICr} - M_{258},$$

Onde,

M_{AAcr} – massa de água inicial no cristalizador, que esta igual de massa de água com salinidade 220 [PSU] = M_{220} .

3.4.1.2 Evaporação

A evaporação é o processo natural de transição da água de estado líquido para fase gasosa que, no nosso planeta, corresponde a massa de cerca 5×10^5 t/ano.

Quase todas as formas de produção de sal exigem a transformação da água salgada em salmoura concentrada, para obter cristais de sal (Akridge, 2008). Por razões óbvias, somente em zonas costeiras em que a evaporação anual é superior à precipitação é que o sal é produzido através deste processo natural. Por consequência, o conhecimento da perda de água duma superfície natural dum tanque de salicultura é fundamental no âmbito de desenvolvimento do presente trabalho.

As informações quantitativas dos processos de evaporação são utilizadas na resolução de numerosos problemas que envolvem o manejo das águas, nomeadamente na

agricultura, na previsão de cheias e na construção e exploração de reservatórios.

A evaporação é medida em termos da diferença na altura da coluna de líquido, uniformemente distribuído pela área planimétrica, em função da água que se evapora.

A intensidade da evaporação expressa-se, normalmente, em mm/h, mm/dia, mm/mês ou mm/ano, e representa a velocidade com que se processam as perdas por evaporação.

Na evaporação da água dos tanques, reservatórios ou similares, em temperaturas próximas de 20°C, o consumo de energia solar incidente corresponde aproximadamente à 585 cal/g. Essa quantidade, denominada «calor de vaporização da água», varia em função da temperatura.

O processo de evaporação é também controlado pelas condições da superfície a partir da qual ela se processa. Assim, além da radiação solar, outras variáveis exercem influência no processo de evaporação, destacando-se as temperaturas da água e do ar, a pressão parcial de vapor de água e a velocidade de vento.

A intensidade da evaporação, segundo a lei de Dalton (1802), é uma função direta da diferença entre a pressão de saturação do vapor da água no ar atmosférico e a pressão atual do vapor da água. Esta lei pode ser expressa na forma:

$$E = C \times (e_s - e),$$

Onde

E = intensidade da evaporação;

e_s = pressão parcial de vapor saturado à temperatura da superfície evaporante (pressão de saturação do vapor da água, que é uma propriedade física da água, dada em função da temperatura);

e = pressão parcial do vapor da água na camada de ar adjacente, normalmente tomada a 2 m acima da superfície;

C = coeficiente que leva em conta os fatores que influem na evaporação, normalmente escrito, em alguns modelos, como uma função da velocidade do vento.

Em 1892 Stelling apresentou corretamente a questão combinando as equações de Dalton e de Weilenmann, do seguinte modo:

$$E = (a + bu)(e_s - e),$$

Onde

u – velocidade de vento,

a e b – constantes empíricas.

Para descrever o estado do ar atmosférico em termos da pressão parcial de água em determinada temperatura utiliza-se o conceito de humidade relativa. Por humidade relativa do ar, UR, entende-se a relação percentual entre a quantidade de humidade num dado espaço, e a quantidade que esse espaço poderia conter se estivesse saturado. Isto é,

$$UR = \frac{\rho}{\rho_s} \times 100\%,$$

sendo ρ a massa específica do vapor da água e ρ_s a massa específica do vapor de saturação. Da lei dos gases ideais, $e = \rho R_{H_2O} T$, donde

$$UR = \frac{e}{e_s} \times 100\%,$$

Combinando-se as equações, obtém-se a expressão da intensidade de evaporação em termos de e_s e da humidade relativa do ar:

$$E = (a + bu) \times e_s \times \left(1 - \frac{UR}{100\%}\right),$$

que mostra que quanto maior a humidade relativa do ar, menor a intensidade da evaporação. No limite, para o ar saturado, a evaporação é nula.

O valor limite de saturação do vapor de água pode ser calculado pela fórmula (Buck Research Manual, 1996):

$$e_s = 6,1121 \times \exp\left(\left(18,678 - \frac{t}{234,5}\right) \times \frac{t}{257,14 + t}\right),$$

Onde:

t – temperatura do ar, [°C].

Numa solução aquosa de sal com elevada concentração, na qual a água não tem limite de substâncias ativas, a evaporação é calculada pela seguinte fórmula:

$$E_p = rE_0,$$

E_p - Quantidade de solução evaporada (água salgada)

E_0 - quantidade de água doce evaporada num mesmo intervalo de tempo

$$r = \frac{Ke_s - e}{e_s - e},$$

r - Coeficiente de transformação cinética da taxa de evaporação da água doce para água salgada

K - Coeficiente que tem em conta a diminuição da saturação do vapor da água adjacente à solução e composição química e a concentração de soluto na solução.

e_s = Pressão parcial de vapor saturado à temperatura da superfície evaporante (pressão de saturação do vapor d'água, que é uma propriedade física da água, dada em função da temperatura);

e - pressão parcial do vapor d'água na camada de ar adjacente, normalmente tomada a 2 m acima da superfície.

3.5 Localização da área de estudo

O Rio Guadiana (ver Figura 6) é o quarto rio mais longo na Península Ibérica, com uma extensão total de 810 km. Este estende-se por 80 km, a partir de sua foz para o açude do

Moinho dos Canais (onde a onda é praticamente humedecida; Silva, et al, 2000). O último trecho de 200 km forma uma fronteira natural entre Portugal e Espanha.

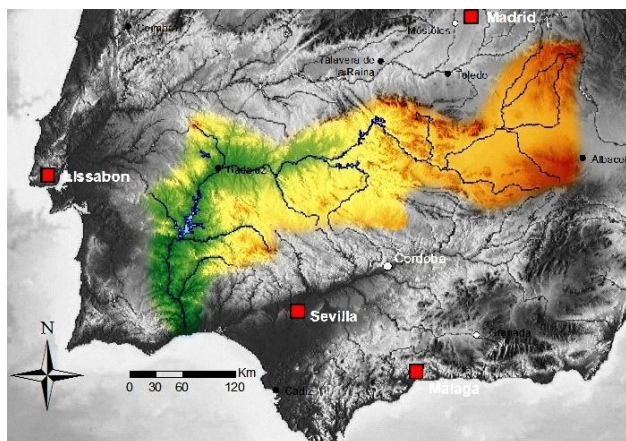


Figura 6. Bacia hidrográfica do Rio Guadiana

Junto a maioria de seu curso (a partir do açude da Ponte Internacional), o estuário é confinado em um vale profundo e estreito, o que foi incisada sob controlo tectónico durante a época pré-Flandriana (Oliveira, 1990). Apenas o alcance exterior (terminal 7 km em direção ao mar) é incorporado em sedimento macio, alí, um amplo vale foi escavado e cheio durante o Holoceno, acomodando extensas áreas de sapal em ambos os lados da entrada (Boski et al., 2002). Atualmente, a extensão do sapal é muito reduzida, em relação à sedimentação ativa durante o período Holoceno (Boski et al, 2008) e sofreu intensas transformações devido a forte pressão antrópica (por exemplo urbanização, a agricultura, a aquicultura; Menanteau et al, 2005). Na margem ocidental, as áreas sapais são protegidas por uma língua de areia litoral e desagua no canal do estuário. A margem oriental consiste em ilhas barreiras que são separadas por áreas sapais que desaguam principalmente no oceano, através de uma passagem muito estreita (Carreras).

Em termos geológicos, o estuário está localizado quase inteiramente no sul de Portugal (Simancas & Pérez Estaún, 2004). A sua estrutura geológica quaternária tem sido descrita em várias obras científicas (Boski et al, 2002, 2008; González-Vila et al, 2003; Delgado et al, 2009).

Do ponto de vista físico, o estuário do Guadiana abrange a zona de influência das marés que se estende por 50 km a partir do ponto onde o rio desemboca no Oceano Atlântico (Ruiz et al., 1996). O principal canal estuarino varia entre 2 e 14 m de profundidade, com amplitude máxima da maré atingindo 3,44 m (Garel et al., 2009). O estuário elevado é definido como a secção de água doce em que a salinidade é zero; o estuário médio corresponde a uma zona de transição onde predomina a água salobre a maior parte do tempo, e o estuário baixo tem uma salinidade semelhante à do mar.

Sob o ponto de vista climático, a bacia é bastante homogénea, de características mediterrânicas secas, com verões quentes, alta insolação e evapotranspiração elevada (INAG, 2001).

A temperatura média anual é, em quase toda a bacia, próxima dos 16°C. Nos meses mais quentes (julho/agosto), a temperatura média do ar varia entre 24°C junto ao mar, 26°C na zona fronteiriça e 28°C em Vila Real de Santo António. No mês mais frio (janeiro), a temperatura média do ar ronda 9°C na bacia, verificando-se junto do mar 11°C e 8,5°C na zona de Portalegre e Elvas.

A precipitação média anual ponderada sobre a bacia é de 550 mm (561 mm em Portugal e 540 mm em Espanha), variando entre um mínimo de 350 mm na zona central da planície da Mancha e de 450 mm na zona de Mértola e Moura e um máximo ligeiramente superior a 1000 mm nas cabeceiras do Ardila, de Odeleite e do Caia; No entanto, em termos globais, a distribuição da precipitação anual média é bastante uniforme, estando normalmente compreendida entre 500 e 600 mm.

A distribuição interanual da precipitação é também extremamente irregular, descendo a 386 e a 422 mm em anos secos (10 e 20% de probabilidade) e subindo a 722 e 766 mm em anos húmidos (80 e 90% de probabilidade).

No que se refere à distribuição mensal da precipitação, toda a bacia é afetada por um período estival com quase total carência de chuva. Em média, mais de 80% do total anual da precipitação ocorre no período Outubro-Abril.

A evapotranspiração anual de referência (método de Penman-Monteith) varia entre 1200 mm em Contenda e Vila Real de Santo António. A zona de estudo encontra-se no município de Castro Marim, a 6 quilómetros da foz do rio Guadiana (ver Figura 7) que nasce em Espanha, a 37° 09'- 37° 40' N, e 7° 15'- 7° 40' W (Morales-González, 1995; Chícharo et al., 2001), no meio de uma área de sapais abrangidos pela Reserva Natural

4 Estudo de produtividade das salinas artesanais

Na primeira fase do processamento das informações oriundas do campo obtiveram-se as coordenadas de cada ponto de levantamento.

Após o processamento das informações, foram obtidos os polígonos das áreas dos elementos funcionais das salinas pilotos.

Na segunda fase, através do método de vectorização dos ortofotomapas, foi obtida a informação sobre todas as salinas ativas situadas na Reserva Natural de Castro Marim e Vila Real de Santo António.

A base cartográfica foi elaborada em formato CAD e as feições referentes a cada tema encontravam-se disseminadas nas folhas topográficas e subdivididas em camadas. Cada camada foi convertida para o formato shapefile da ESRI e foram posteriormente somadas para formar um único arquivo que representa os temas citados acima.

O arquivo contendo todos os polígonos da área de evaporação serviu para cálculo dos volumes e produtividades das salinas.

4.1 Levantamento topográfico da área de produção

Para execução dos levantamentos, foi utilizado um recetor modelo Trimble R8 GNSS Receiver.

Cada ponto levantado foi coletado individualmente na função ponto-a-ponto. As coordenadas foram coletadas no Datum 73 Modified Portuguese Grid.

Para obter as coordenadas dos pontos medidos durante o levantamento de campo, os dados de campo devem ser processados usando o programa da Trimble (ver Figura 8).

Point	East	North	Elev	Code	Hz Prec	Vt Prec	PDOP	Sats
10	61441.462	-272189.737	3.181		0.022	0.025	4.1	7
100	61434.083	-272224.283	1.557		0.021	0.031	2.8	8
101	61434.127	-272226.715	1.453		0.023	0.033	2.7	8
102	61438.840	-272226.201	1.497		0.024	0.036	2.7	8
103	61444.140	-272225.656	1.500		0.020	0.029	2.7	8
104	61448.183	-272225.441	1.522		0.041	0.059	2.7	8
105	61448.875	-272225.878	1.733		1.361	1.978	2.7	8
106	61449.380	-272227.582	1.375		2.797	4.031	2.7	8
107	61450.156	-272231.385	1.522		0.032	0.046	2.7	8
108	61450.620	-272232.446	1.662		2.808	5.054	3.2	7
109	61450.922	-272236.996	1.471		0.021	0.037	3.3	7
11	61405.312	-272192.140	3.278		0.017	0.023	2.8	7
110	61446.004	-272238.045	1.466		0.035	0.064	3.3	7
111	61441.622	-272238.732	1.456		0.032	0.059	3.3	7
112	61437.717	-272239.130	1.467		0.037	0.068	3.3	7
113	61435.885	-272238.970	1.427		0.042	0.078	3.3	7
114	61436.693	-272240.712	1.522		0.030	0.055	3.3	7
115	61442.396	-272239.540	1.488		0.016	0.031	3.4	7
116	61445.311	-272239.127	1.469		0.017	0.031	3.4	7
117	61450.989	-272238.051	1.569		0.012	0.022	3.4	7
118	61451.911	-272241.878	1.461		0.015	0.029	3.4	7
119	61452.837	-272246.957	1.501		0.012	0.024	3.4	7
12	61428.686	-272206.315	2.052		0.023	0.032	2.1	8
120	61452.091	-272248.105	1.475		0.010	0.019	3.4	7
121	61447.061	-272248.666	1.496		0.036	0.068	3.5	7
122	61439.138	-272249.877	1.601		0.042	0.081	8.5	7
123	61451.996	-272223.792	1.607		0.024	0.047	3.7	7
124	61450.850	-272222.588	1.534		0.020	0.023	1.8	8
125	61450.888	-272221.439	1.518		0.026	0.030	1.8	8
126	61461.934	-272219.212	2.242		3.023	6.073	3.8	7

Figura 8. Ficheiro transformado para formato txt

4.2 Edição cartográfica

A edição topográfica ou, mais genericamente, edição cartográfica, é a componente de desenho assistido por computador (CAD – Computer-aided design) que elabora a carta ou planta em formato digital, sempre convertível em formato analógico (carta) através da impressão. A utilização de CAD está hoje em dia generalizada na edição cartográfica, de tal modo que a profissão de desenhador topográfico é uma função extinta nos moldes tradicionais tendo os profissionais desta área tornado operadores de desenho informático. Hoje em dia, elaborar e editar uma planta ou carta num computador através de um programa CAD é uma tarefa ao alcance de qualquer pessoa com preparação prévia em topografia e informática.

Tal como nas operações de campo, pode separar-se a planimetria da altimetria. Os programas mais sofisticados chegam mesmo a separar, quer ao nível dos ficheiros quer ao nível das respetivas aplicações, essas duas operações. Deste modo, é comum encontrarem-se programas CAD que trabalhem com a planimetria em ficheiro com

formato 2D e a altimetria em ficheiros com formato 3D. No entanto, encontram-se programas CAD nos quais apenas existem ficheiros em formato 3D (ver Figura 9).

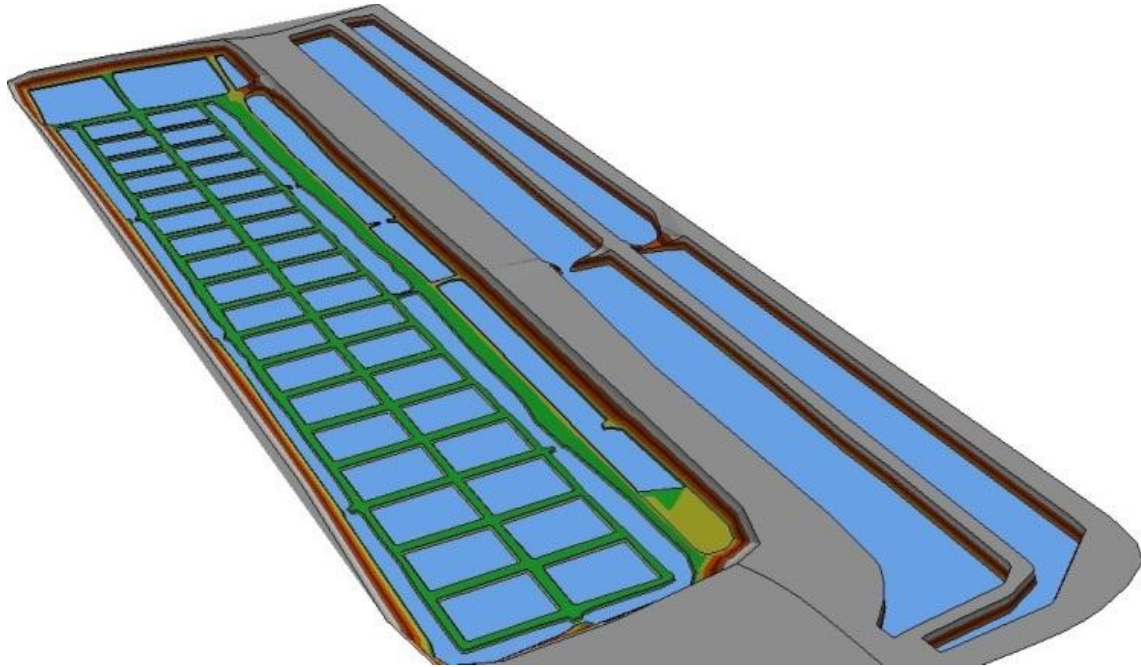


Figura 9. Visualização 3D de uma Salina

Após o processamento dos dados de levantamento, foram obtidos os polígonos correspondentes elementos funcionais da salina (tanque de concentradores e cristalizadores).

4.3 Criação e visualização da informação geográfica

Como já foi referido, através de contactos realizados com a administração municipal de Castro Marim, foi obtida a informação geográfica de contexto, tal como os ortofotomapas e informação vetorial, planimétrica e altimétrica.

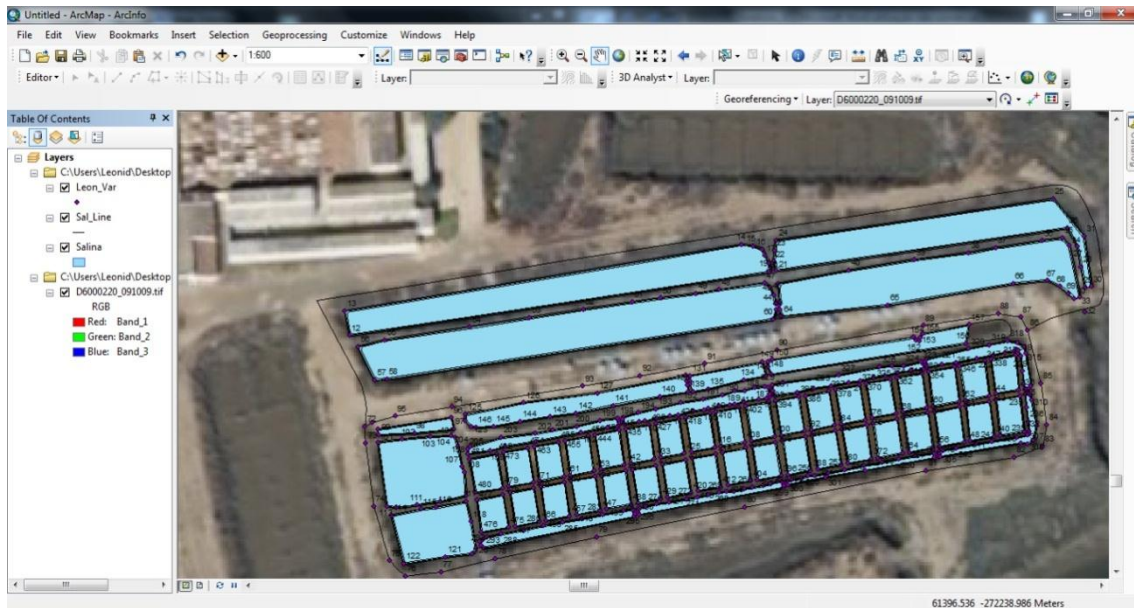


Figura 10. Apresentação cartográfica da unidade de produção de sal obtida a partir do levantamento topográfico com GPS diferencial

Através da informação de contexto, nomeadamente Ortofotomapas, foi possível elaborar a vectorização manual dos elementos funcionais da salina, vectorização essa que deu origem a várias camadas/layers de informação como, por exemplo, a camada das curvas de nível, polígonos de tanques das salinas (ver Figura 10).

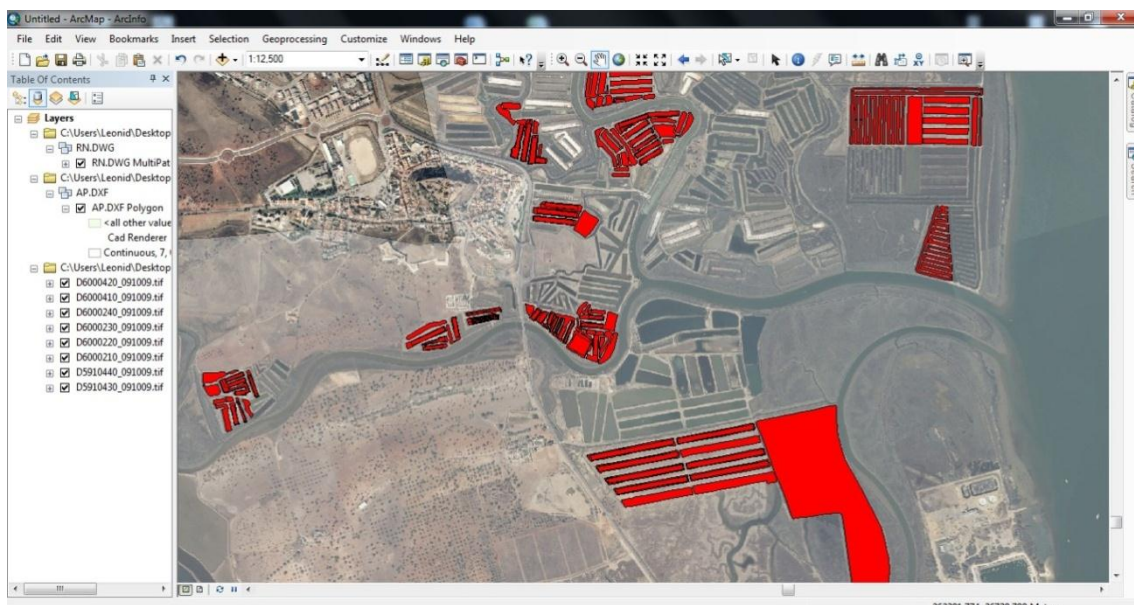


Figura 11. Informação das salinas da Reserva Natural de Castro Marim e Vila Real de Santo António

Para este efeito, utilizou-se o software ArcGIS 10 e algumas das suas extensões, ArcGIS Spatial Analyst e ArcGIS 3D Analyst.

O ArcGIS Spatial Analyst é uma extensão da arquitetura ArcGIS que permite criar, pesquisar, mapear e analisar dados raster (matriciais) de tipo célula (Grid) e efetuar análises integradas de dados raster com vetorial.

A extensão ArcGIS 3D Analyst adiciona ao ArcGIS funcionalidades para a visualização e análise de superfícies a três dimensões. Na componente de análise, o ArcGIS 3D Analyst permite criar modelos digitais de superfícies, em formato TIN (triangular irregular network) ou raster, e analisar essas superfícies, incluindo cálculos de volumes e cálculo de áreas da superfície.

O sistema de coordenadas utilizado é o Datum 73 Modified Portuguese Grid.

4.4 A estrutura do SIG da salicultura de Castro Marim

Através da informação de contexto foi possível digitalizar elementos funcionais das salinas. Para organizar as diversas camadas de informação criadas, recorreu-se a uma base de dados relacional. Esta base de dados é constituída por grupos, denominadas por Feature Datasets, nomeadamente, Salina_1, Salina_2..., que partilham o mesmo sistema de coordenadas, para que todas as camadas de informação possam ser sobrepostas e comparadas entre si (ver Figura12).

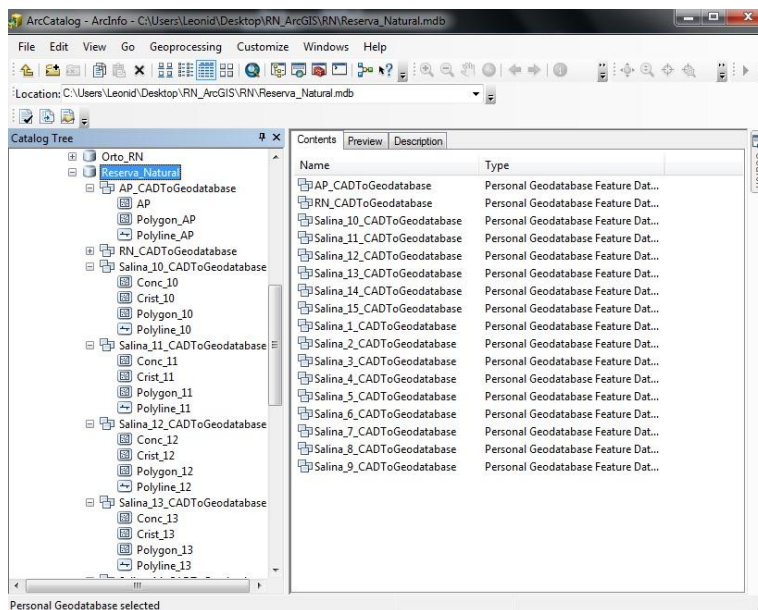


Figura 12. Estrutura da Base de Dados SIG

Cada grupo é composto por camadas de informação, chamadas feature classe. Como podemos observar na Figura 12, cada grupo contém informação de base sobre as salinas, como são os tanques de evaporação e cristalização.

O resultado da base de dados geográfica está ilustrado na Figura 13, onde toda a informação vetorial está recombinada com a informação raster, nomeadamente, os ortofotomapas.

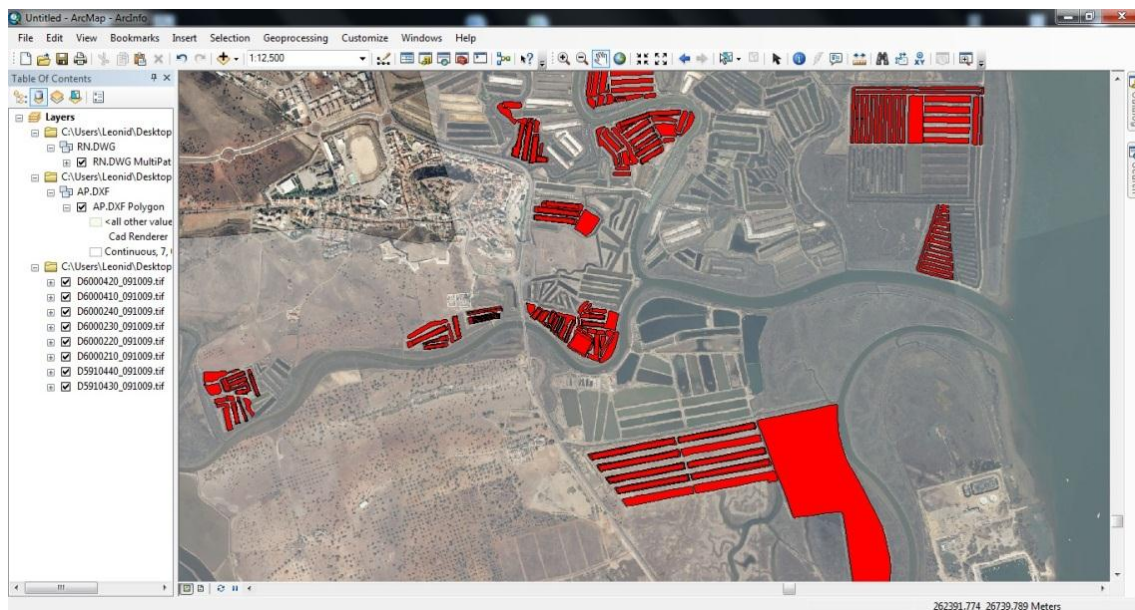


Figura 13. Estrutura da Base de Dados SIG representada no ArcGIS

4.5 Aplicação dos SIG no cálculo das áreas de evaporação das salinas

O cálculo e a avaliação das porções de território destinadas a uma atividade específica é uma tarefa corrente da topografia. O estudo de produtividade das salinas não escapa a esta regra, podendo revestir-se de elevada importância económica.

O programa com a capacidade de projeção gráfica (por exemplo ArcGIS) calcula esta área com recurso a algoritmos analíticos próprios, a partir dos pontos que definem a área coberta por levantamento. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 1:

Tabela 1. Resultados de cálculo produzido em ambiente de software ArcGIS

Nome Salina	Concentrador		Cristalizador	
	Área, [m ²]	Volume, [m ³]	Área, [m ²]	Volume, [m ³]
Salina_1	5508.5137	2754.2568	3114.7164	934.4149
Salina_2	16407.1903	8203.5952	9196.7276	2759.0183
Salina_3	13903.0273	6782.7734	6744.2524	2023.2757
Salina_4	10391.0639	5195.5319	7903.8592	2371.1578
Salina_5	1976.5625	913.5845	1108.0931	316.2573
Salina_6	14052.8894	7026.4447	6676.7940	2003.0382
Salina_7	8234.2060	4117.1030	7963.1422	2388.9427
Salina_8	66109.3606	33054.6803	21331.8355	6399.5507
Salina_9	15149.3812	6934.3360	8069.4509	2420.3360
Salina_10	18113.2439	9056.6219	10218.2273	3065.4682
Salina_11	6062.2821	3031.1417	5486.6553	1645.9966
Salina_12	5999.7207	2999.8604	4611.6759	1383.5028
Salina_13	6345.4411	3172.7205	5419.8812	1625.9644
Salina_14	232250.5026	116125.2513	43676.5821	13102.9746
Salina_15	16702.4586	8351.2293	8494.9180	2548.4754

4.6 Resultados de modelação numérica e simulação da produtividade das Salinas

A modelação matemática e simulação são um processo de simplificação da realidade que é praticada em diversas áreas como engenharia, comunicação, computação, energias renováveis, fenómenos ambientais e até medicina e biotecnologia. É através dos modelos que podemos projetar novos sistemas ou entender melhor os sistemas existentes para os otimizar. É através da simulação que podemos avaliar o desempenho e refinar os modelos de um projeto, a custos reduzidos.

Para o caso de estudo, elaborou-se um modelo contínuo com unidade de tempo de 153 dias e um time step de 0,1, indicando que a frequência de integração deverá ser

calculada dez vezes num único dia. Posteriormente, utilizaram-se os blocos de reservatório (holding tank) para a simulação dos fluxos de água e salinidade do concentrador e do cristalizador.

Os dados sobre a evaporação na zona de estudo durante o período de 1945 a 1983 foram fornecidos pelo Instituto de Meteorologia de Portugal.

Após a análise destes dados, verificou-se que, no período analisado, o ano 1975 foi o mais seco e o valor de evaporação média diário foi 0,0098 m/dia. O mais húmido foi em 1977, quando o valor médio diário de evaporação atingiu os 0,0035 m/dia.

Assim, estes valores foram utilizados como dados de partida para os dois primeiros cenários de modelação da Salina.

Os dados de temperatura do ar na zona de estudo, humidade relativa, velocidade e direção do vento nos anos 2010 – 2011, que permitiram estimar os valores de evaporação foram cedidos pela Reserva Natural dos Sapais de Castro Marim e Vila Real de Santo António. Graças a estes dados, conseguiu-se uma modelação com mais dois cenários próxima da realidade.

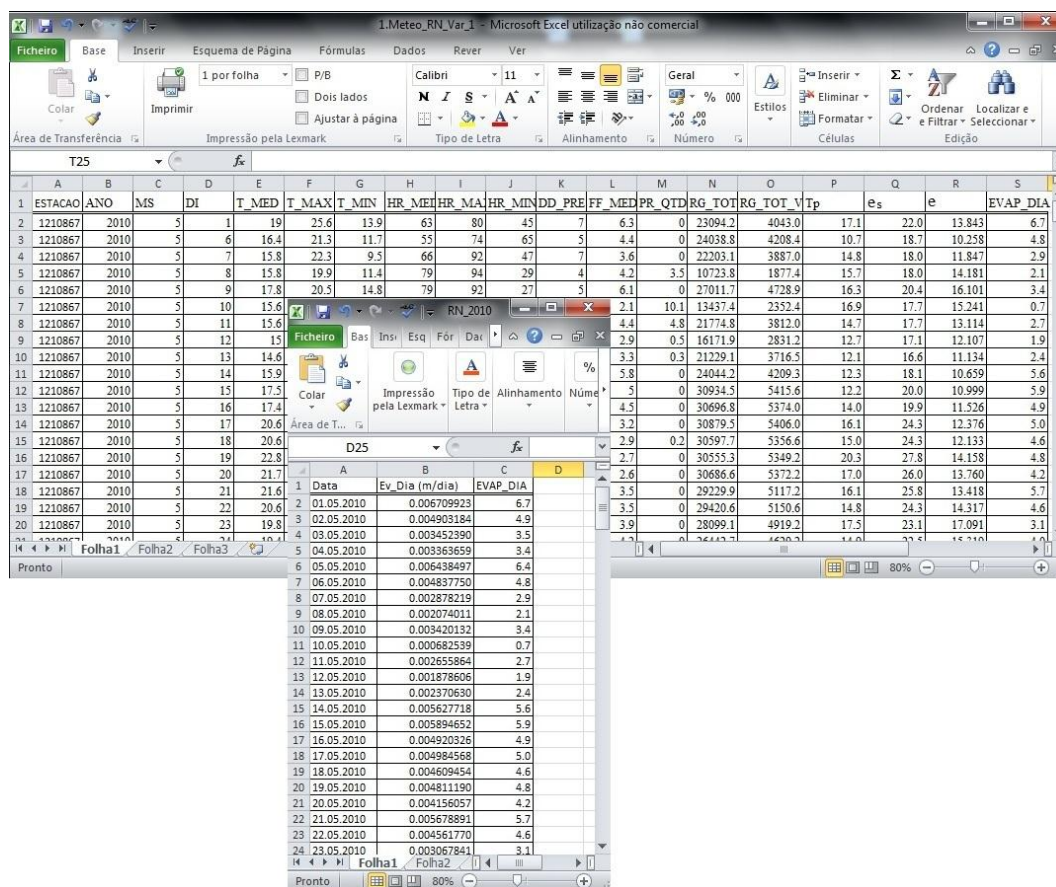


Figura 14. Cálculo de evaporação em ambiente Microsoft Excel 2010

Mais concretamente, para atribuir os valores de evaporação nos anos de 2010 e 2011, recorreu-se ao cálculo com recurso, a folha de calculo Excel e as formulações referidas no capítulo “Evaporação” – (Figura 14).

Nas folhas de cálculo estão apresentados os dados da estação meteorológica e os valores estimados:

- e_s - pressão parcial de vapor saturado à temperatura da superfície evaporante (pressão de saturação do vapor da água, que é uma propriedade física da água, dada em função da temperatura);
- e - pressão parcial do vapor da água na camada de ar adjacente, normalmente tomada a 2m acima da superfície;
- Ev_Dia – evaporação por dia [m/dia].

Os valores estimados de evaporação media para ano 2010 são de 0,0072 m/dia e para ano 2011 – 0,0079 m/dia.

4.6.1 Modelação do concentrador utilizando os vários cenários com Software ExtendSIM

O primeiro passo consiste na estimação da massa de água ao longo do ciclo, colocando a massa de água à entrada do concentrador como valor inicial (ver Figura 15), e a evaporação que dependerá do cenário de evaporação selecionado (ver Figura 16).

De seguida, calculou-se a salinidade que determinará a passagem da água para o cristalizador através do bloco decisor. Obtiveram-se as condições de passagem quando a salinidade foi superior ou igual a 220 quilos de sal para uma tonelada de água e fez-se então uma conexão ao reset do reservatório no reset (ver Figura 15).

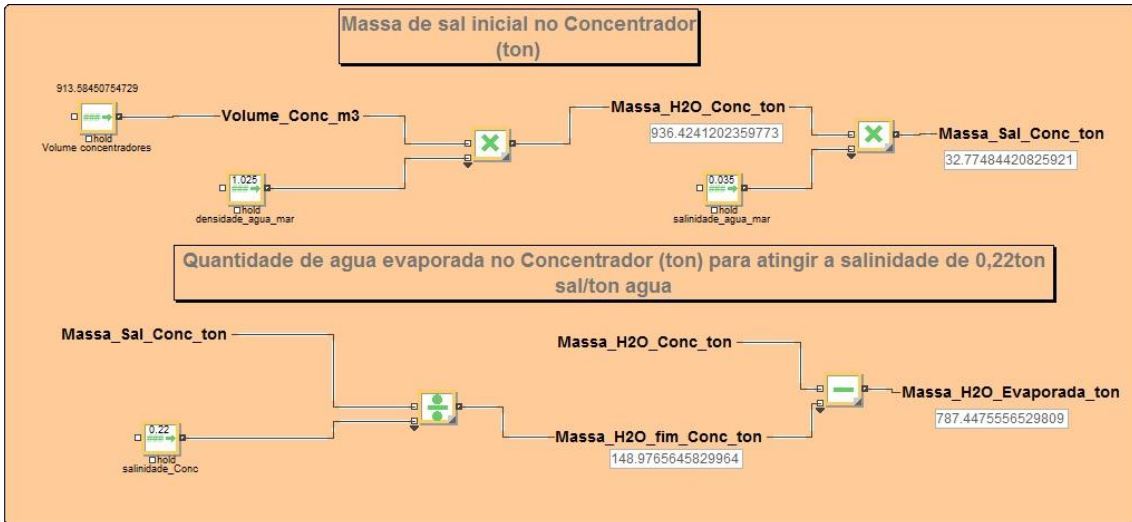


Figura 15. Estimação dos componentes principais de modelação das salinas em ambiente ExtendSim

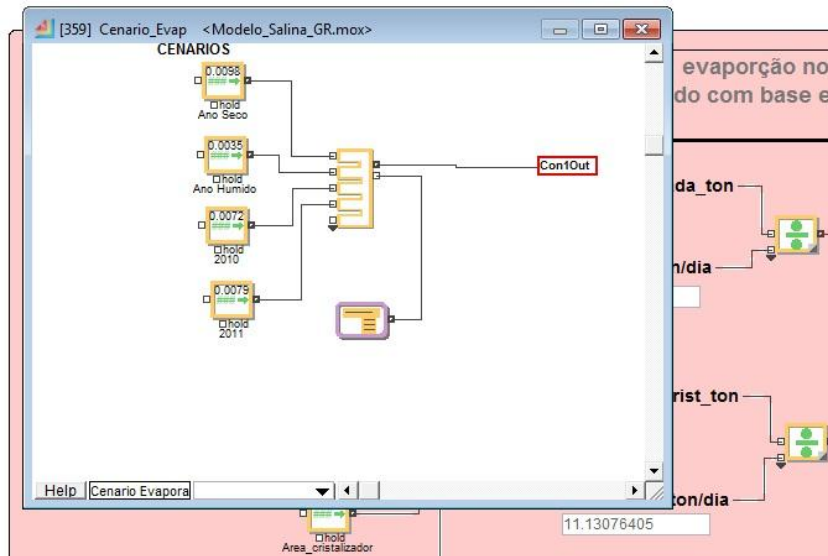


Figura 16. Escolha dos cenários de modelação em ambiente de ExtendSim

A Figura 17 demonstra a modelação efetuada no caso do concentrador onde se utilizou o tanque para a simulação.

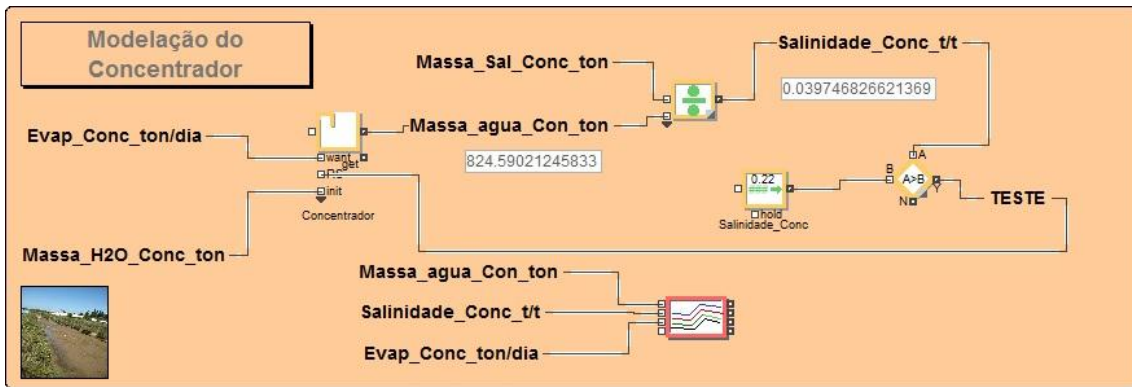


Figura 17. Modelação do reservatório de concentrador em ambiente ExtendSim

Assim, a Figura 18 mostra os gráficos do concentrador nos vários cenários de modelação (ano seco, num ano húmido e nos dois últimos anos 2010 e 2011).

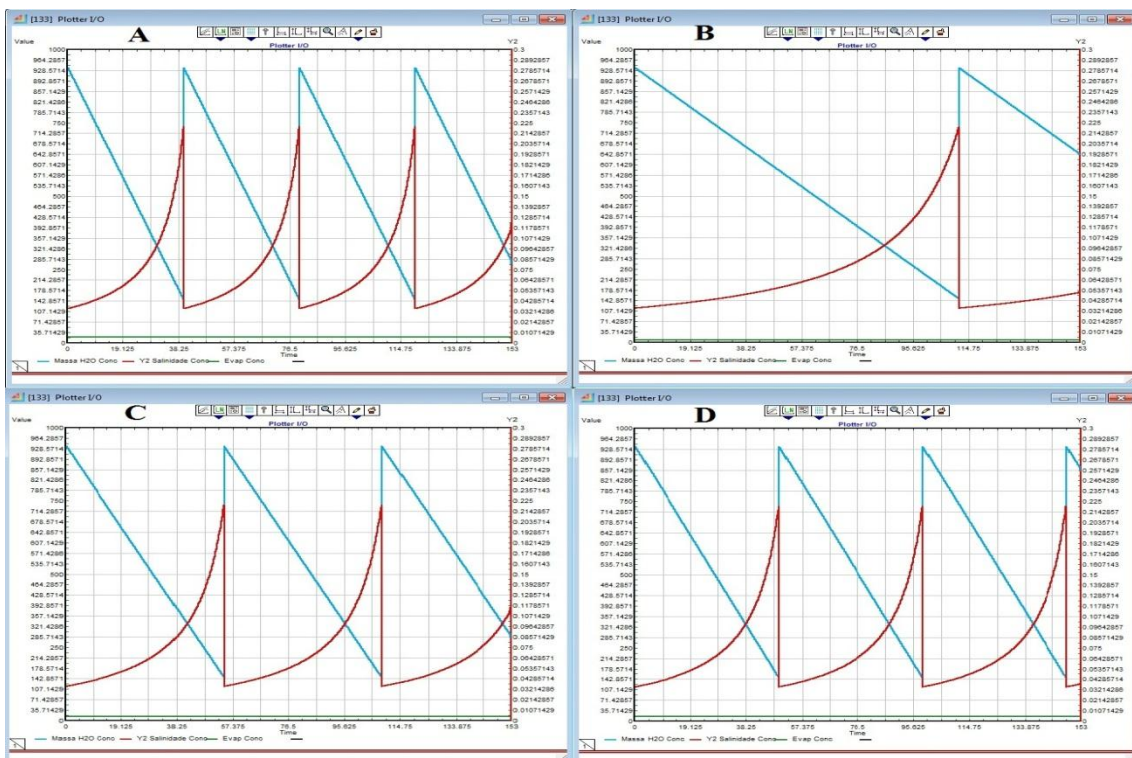


Figura 18. Gráficos da massa de água e salinidade no concentrador (A - ano seco; B - ano húmido; C - ano 2010; D - ano 2011)

Observa-se a diferença e a importância das condições meteorológicas na produção de sal. Um ano seco gera 3 ciclos de extração de sal enquanto um ano húmido gera apenas

precipitação do sal. A Figura 20 mostra os gráficos do cristalizador no ano seco, ano húmido, nos anos 2010 e 2011.

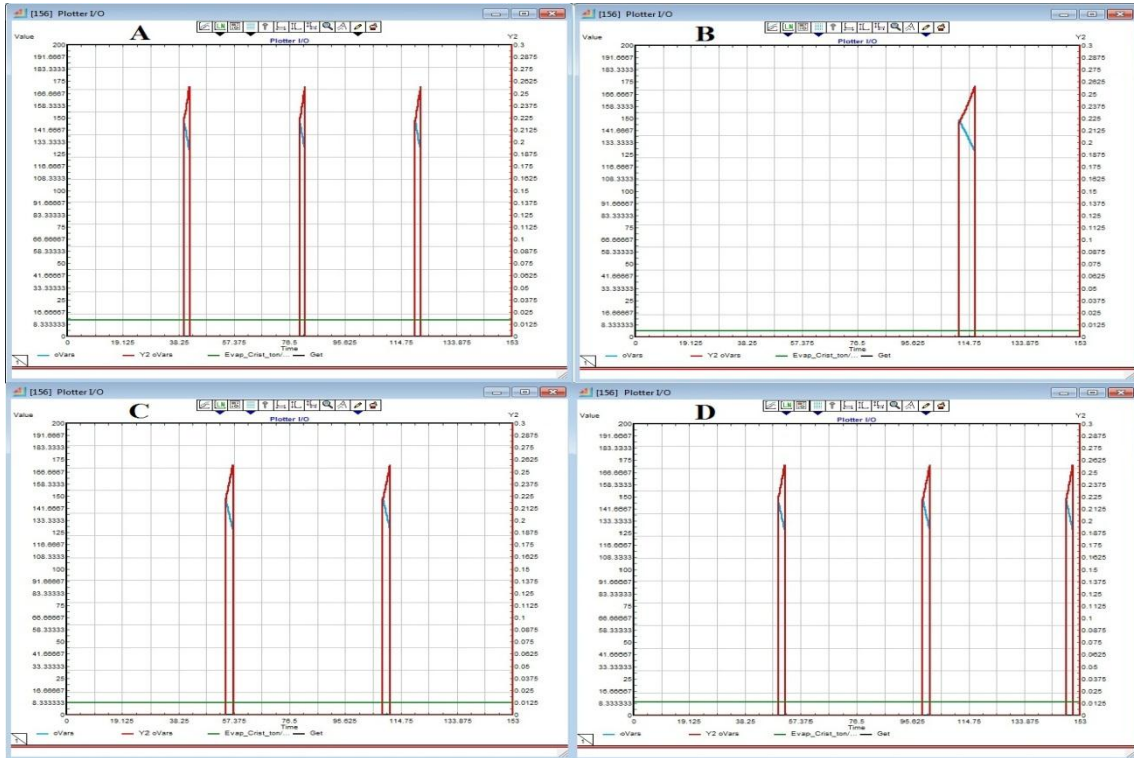


Figura 20. Gráficos da massa de água e salinidade no cristalizador (A - ano seco; B - ano húmido; C - ano 2010; D - ano 2011)

A simulação realizada para os 4 casos em análise mostrou que, durante o ano seco (1975) e em 2011, foi possível realizar 3 campanhas de recolha, atingindo-se a salinidade máxima estabelecida no prazo de dois dias. Em 2010, foi possível realizar duas campanhas de recolha e no ano húmido, em que a salinidade desejada (máxima) foi alcançada após seis dias, conseguiu-se apenas uma recolha.

4.6.3 Modelação do valor comercial de Salicultura

A valorização foi modulada com base na produção obtida em cada ciclo (dependendo do cenário evaporativo) e nos preços de venda do sal grosso e flor de sal a um intermediário. Sabendo que em cada 100t de sal grosso se obtêm aproximadamente 3t de flor de sal com um preço médio de 0,16 €/kg e 4 €/kg (esses preços podem variar dependendo de vários fatores, incluindo a conjuntura do mercado), respetivamente, elaborou-se o seguinte modelo (Figura 21).



Figura 21. Modelação da comercialização do sal em ambiente ExtendSIM

4.6.4 Resultados de modelação e discussão

Este capítulo apresenta os resultados obtidos após a execução das atividades previstas na metodologia descrita.

Os resultados da modelação e simulação da produtividade e da eficiência económica (Tabela 2, Anexo 2) são modelos numéricos, o que permite definir e explorar o potencial de salicultura, a região de interesse, ou numa salina separada.

Tabela 2. Resultados de modelação numérica de produtividade das salinas artesanais dos sapais de Castro Marim

Anos de recolha		
Ano seca	Quantidade Sal, [t]	23432
	Valor Flor de Sal, [€]	2811843
	Valor Sal Grosso, [€]	3636650
	Valor Total, [€]	6448492
Ano húmido	Quantidade Sal, [t]	7811
	Valor Flor de Sal, [€]	937281
	Valor Sal Grosso, [€]	1212217
	Valor Total [€]	2149497
2010	Quantidade Sal, [t]	15621
	Valor Flor de Sal, [€]	1874562
	Valor Sal Grosso, [€]	2424433
	Valor Total, [€]	4298995
2011	Quantidade Sal, [t]	15621
	Valor Flor de Sal, [€]	1874562
	Valor Sal Grosso, [€]	2424433
	Valor Total, [€]	4298995

Segundo os dados do Instituto Nacional de Estatística (INE, 2011, 2012), a quantidade de sal produzido em salinas artesanais situadas na Reserva Natural dos Sapais de Castro Marim e Vila Real de Santo António em 2010 foi de 14431 toneladas, produzindo 59 t/ha e, em 2011, foi de 15618 toneladas com uma produção de 70 t/ha.

Segundo os resultados obtido na modelação numérica a quantidade de sal previsto para 2010 e 2011 foi de 15621 toneladas.

Os resultados obtidos pelo modelo numérico e a produção real têm uma diferença de 7.6% em 2010 e menos de 1% em 2011.

Na realidade os salineiros avaliam a produtividade de uma salina em relação à quantidade de sal obtido por unidade de área de cristalização.

A partir de dados obtidos por alguns salineiros, a produtividade média representa cerca de 49 kg/m².

O resultado obtido através do modelo numérico é 70 kg/m²,o que revela uma diferença cerca de 30%.

Foram obtidos dados de uma salina industrial situada nesta zona. Em 2011 foram produzidas 26000 toneladas de sal (81 kg/m²). O modelo numérico aplicado sobre esta salina previu uma produção de 96 kg/m². A diferença entre o teórico e o prático é de aproximadamente 15% (a diferença revelada é mais pequena do que a diferença numa salina artesanal, o principal aspecto responsável por essa diferença é o método de colheita).

Os resultados obtidos na realidade são diferentes do modelo numérico, uma vez que existem ainda outros fatores que influenciam os resultados obtidos:

1. O fato dos ortofotomapas serem de uma resolução baixa e a vectorização não ser tao precisa como o desejado (para optimizar este processo é necessário efectuar um levantamento topográfico de cada salina).
2. Nas salinas artesanais, para o sal não perder a sua qualidade (o sal depois da recolha não passa quais quere outros processos de purificação), os salineiros deixam uma camada fina de sal nos fundos dos cristalizadores.
3. O fator humano é também um aspecto muito importante na obtenção de bons resultados (nas salinas artesanais).

Para resumir, podemos dizer que a existência de um modelo numérico permite-nos planear de uma forma mais eficaz o desempenho para o maior benefício económico da área desenvolvida.

5 Conclusões

O estudo determinou a potencialidade e capacidade dos Sistemas de Informação Geográfica no âmbito do estudo da produtividade das Salinas artesanais (atualmente ativas) do estuário do rio Guadiana na Reserva Natural de Castro Marim e Vila Real de Santo António.

O trabalho incluiu várias etapas:

1. Colheita de dados de posição espacial – dados geográficos, dados meteorológicos e dados físicos. Os dados foram preparados pelo utilizador (alguns dados mesmo em tempo real), conjugados com os dados fornecidos pela administração da Reserva Natural e do Instituto de Meteorologia de Portugal.
2. Armazenamento e organização dos dados.
3. Integração e conversão de dados em ortofotomapas – vetorização e digitalização.
4. Georreferenciação de todos os elementos que compõem a área de estudo, para assim se poder monitorizar, analisar e gerir as infraestruturas.

O trabalho desenvolvido centrou-se essencialmente em torno de questões espaciais e ambientais, nomeadamente, na gestão dos recursos hídricos, atmosféricos, áreas de superfícies de evaporação, entre outros.

O estudo tenta proporcionar oportunidades para uso de SIG numa ampla gama de tarefas associadas à análise e previsão de fenómenos e eventos no meio ambiente. Permite-nos também compreender os principais fatores, causas e consequências desses fenómenos, permitindo a implementação de planeamento e decisões estratégicas. O SIG permite automatizar a análise e previsão.

A elevada taxa de correspondência dos dados reais com os dados teoricamente modelados apoia a fiabilidade do trabalho e demonstra a sua aplicabilidade.

Visto que a pesquisa bibliográfica demonstrou uma escassez de recursos teóricos, o presente estudo pretende ter um carácter inovador a nível nacional, uma vez que procura demonstrar as potencialidades na utilização conjunta de SIG como ferramenta de modelação nos processos da produção do sal, e o método tradicional de evaporação subaérea.

Através do estudo efetuado em relação à caracterização e gestão adequada dos recursos hídricos, foi possível realizar a gestão da salina de forma mais eficiente, otimizando os recursos e prevendo os cenários possíveis em relação as alterações ambientais.

Outro aspeto relevante é o facto do modelo desenvolvido ser útil para identificar as condições que podem ser eficazes na prática e poder ser uma abordagem para otimizar uma parte de evaporação solar.

É ainda de salientar que a criação de uma base de dados relacional, onde consta o máximo de informação possível acerca de todas as componentes do empreendimento em geral e em particular da salina, possibilita o cruzamento e análise de toda essa informação. Não menos importante é a integração dessa mesma base de dados com os diversos sistemas de informação existentes na organização, retirando-se daí os inputs necessários para sustentar todo tipo de decisões a tomar no dia-a-dia.

Neste estudo foi sobretudo possível demonstrar que o desenvolvimento destes projetos é fundamental para o funcionamento produtivo das salinas em questão, visto existir ainda os preconceitos na visão de organização das salinas como sistemas imutáveis, baseados em projetos/estudos pontuais e episódicos, muitas vezes empíricas, que não necessitam de actualização diária. No entanto, a escalabilidade das arquiteturas desenvolvidas em Sistemas de Informação Geográfica caracterizam-se pela adaptação constante e em tempo real a todas as evoluções que se possam verificar.

Esta capacidade de SIG permite corrigir as diferentes unidades estruturais da base de dados como melhorar a eficiência de cada unidade, tal como a organização no geral.

Em suma, demonstrou-se que o binómio SIG e salicultura, que constitui a gestão central deste trabalho, visa melhorar os procedimentos de gestão e assume-se como uma ferramenta de análise e suporte à decisão e é crucial para este tipo de organização.

Ao mesmo tempo, o estudo evidenciou que a utilização das ferramentas SIG no estudo da produtividade das salinas é uma metodologia simples, eficaz e de baixo custo, e que tem potencial e perspectiva de utilização no futuro.

Para concluir, realçamos que os resultados deste estudo apontam para uma importância relevante da utilização das ferramentas SIG e crescente necessidade da sua coordenação com outros sistemas de informação, determinando o SIG como pólo integrador.

Referencias Bibliográficas

- Akridge, D. Glen., 2008. Methods for calculating brine evaporation rates during salt production. *Journal of Archaeological Science*.
- Alcoforado, M. da Maia – A Industria do Sal. “Museu Tecnológico”, 1º Ano setembro de 1877.
- Adshead, S. A. M. *Salt and Civilization*. New York: St. Martin’s Press, 1992.
- Aggarwal, S. C. *The Salt Industry in India*. New Delhi: Government of India Press, 1976.
- Andrade, C. e M. C. Freitas (2002), *Coastal Zones em F. D. Santos, K. Forbes e R. Moita (eds.), Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures*, SIAM Project, Lisboa, Gradiva.
- Andrews, Anthony P. *Maya Salt Production and Trade*. Tucson: University of Arizona Press, 1983.
- Applegate, Lynda M., Mc Farlan, F. Warren e Mc Kenney, James L., 1996 *Corporate information systems management: the issues facing senior executives 4ª ed.*, Chicago: Irwin.
- Badia, Enric. *La sal, support d’un pobres*. Manresa, Spain: Angle Editorial, 1996.
- Badard, T., & Richard, D. (2001). Using XML for the exchange of updating information between geographical information systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, 25(1).
- Baseggio, G.; *The composition of seawater and its concentrates* 1974.
- Bergier, Jean – François. *Une histoire du sel*. Fribourg, Switzerland: Office du Livre, 1982.

- Boski, T., Moura, D., Veiga-Pires, C., Camacho, S., Duarte, D., Scott, D.B., Fernandes, S.G., 2002. Postglacial sea-level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border. *Sedimentary Geology*.
- Boski, T., Camacho, S., Moura, D., Fletcher, W., Wilamowski, A., Veiga-Pires, C., Correia, V., Loureiro, C., Santana, P., 2008. Chronology of the sedimentary processes during the postglacial sea level rise in two estuaries of the Algarve coast, Southern Portugal. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.
- Burrough, P. A. & Mc Donell, R. (1998). *Principles of geographical Information Systems*. (Oxford: Oxford University Press).
- Butts, E. (2001). *Chemicals from brine* (4th ed.). Kirk-Othmer encyclopedia of chemical technology.
- Câmara, G. & Medeiros, J. S. (1998). *Geoprocessamento para Projetos Ambientais*. (São Paulo, INPE).
- Câmara, G. et al. *Conceitos básicos em ciência da Geoinformação*. In: *Fundamentos de Geoprocessamento*. São José dos Campos: INPE, 2000.
- Câmara, G; Monteiro, A. M. V. *Geoprocessamento em Projetos ambientais*. São José dos Campos: INPE, 2004.
- Câmara, G. *Geoinformação*. São Paulo: INPE, 2007.
- Carson, Rachel Louise, *The Sea Around Us*, Oxford University Press, 1951.
- Cautela, J.,L., 1982, *Sistemas de Informação, livros científicos e técnicos*.
- Cheng, R.T., Burau, J.R., Gartner, J.W., 1991. Interfacing data analysis and numerical modelling for tidal hydrodynamic phenomena. In: Parker, B.B. (Ed.), *Tidal Hydrodynamics*. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Cheng, R.T., Casulli, V., Gartner, J.W., 1993. Tidal, residual, intertidal mudflat (TRIM) model and its applications to San Francisco Bay, California. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 36, 235–280.

- Chícharo, M.A., Chícharo, L., Galvão, H., Barbosa, A., Marques, M.H., Andrade, J.P., Esteves, E., Miguel, C., Gouveia, C., 2001. Status of the Guadiana estuary (south Portugal) during 1996–1998: an ecohydrological approach. *Aquatic Ecosystem Health and Management*.
- Dalton, J., 1802. Experimental essays on the constitution of mixed gases; on the force of steam or vapor from water and other liquids in different temperatures, both in a torricellian vacuum and in air; on evaporation and on the expansions of gases by heat. *Memoirs of the Literary and Philosophical Society, Manchester*, 5,
- Damiron, C. and Nastasi, A. Discrete Rate Simulation Using Linear Programming. In *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, S. J. Mason, R. R. Hill, L. Moench, O. Rose, 740-749. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- Dangermond, J. (1989). Trends in GIS and comments. *Computers, Environment and Urban Systems*, 12(3).
- Decreto-Lei nº 162/75, de 27 de março:** cria a Reserva Natural do Sapal de Castro Marim e Vila Real de Santo António (limites da Área Protegida publicados, como “retificação”, no Diário da República, I, de 6 de maio de 1975).
- Delgado, J., Sarmiento, A., Condesso de Melo, M., Nieto, J., 2009. Environmental impact of mining activities in the southern Setor of the Guadiana basin (SW of the Iberian Peninsula). *Water, Air, and Soil Pollution*.
- Drucker, P. *Sociedade Pós-Capitalista*. Difusão Cultural. Lisboa, 1993.
- Easson, G. L. (1999). “Geographic Information Systems”. Department of Geology and Geological Engineering of The University of Mississippi. http://www.olemiss.edu/depts/geology/courses/ge470/gis_cont.htm
- Espartel, Lélis; Luderitz, João. *Caderneta de Campo*. 10 ed. Rio de Janeiro: Globo 1977.
- Flad, R., Zhu, J., Wang, C., Chen, P., von Falkenhausen, L., Sun, Z., Li, S., 2005. Archaeological and chemical evidence for early salt production in China.

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.

Flotz, G. E. (1993). In J. J. McKetta (Ed.), *Lithium and lithium compounds in inorganic chemicals handbook*. New York: Marcel Dekker.

Garel, E., Pinto, L., Santos, A., Ferreira, O., 2009. Tidal and river discharge forcing upon water and sediment circulation at a rock-bound estuary (Guadiana estuary, Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.

Godinho, Vitorino Magalhães (1983) – *Os Descobrimentos e a economia Mundial*. 2ª edição, Tomo IV, Editorial Presença, Lisboa, Portugal.

González-Vila, F.J., Polvillo, O., Boski, T., Moura, D., de Andres, J.R., 2003. Biomarker patterns in a time-resolved Holocene/terminal Pleistocene sedimentary sequence from the Guadiana river estuarine area (SW Portugal/Spain border). *Organic Geochemistry*.

He, C., Shi, C., Yang, C., Agosti, B.P., 2001. A windows-based GIS–AGNPS interface. *Journal of The American Water Resources Association* 37 (2).

Hughes, E. Chen, H. Lada, E, and Meanor, P. Exploring System Performance with SAS® Simulation Studio, SAS Global Forum 2009.

Hurvitz, P. (1998). “The GIS Spatial Data Model”.

Hsu, M.H., Kuo, A.Y., Kuo, J.T., Liu, W.C., 1999. Procedure to calibrate and verify numerical models of estuarine hydrodynamics. *Journal of Hydraulic Engineering*.

Instituto de Conservação da Natureza & Biodiversidade. Disponível em: <http://portal.icnb.pt/ICNPortal/vPT2007/?res=1280x800>

INAG – Instituto Nacional da Agua, 2001, Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Guadiana.

Instituto Nacional de Estatística. Estatística da Pesca 2010. Edição. 2011.

Instituto Nacional de Estatística. Estatística da Pesca 2011. Edição. 2012.

- Johnston, C. A., 1998, *Geographic Information System in Ecology*. Oxford: Blackwell Science.
- Kaufman, Dale Wilmer, *Sodium Chloride*, 1968.
- Kostick, D.S., Salt. In: *Metals and Minerals*. U.S. Geological Survey Minerals Yearbook, vol. 1. U.S. Government Printing Office, 2002.
- Krahl, D. ExtendSim 7. In *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, S. J. Mason, R. R. Hill, L. Moench, O. Rose, 215-221. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- Kurlansky, Mark, *Salt: A World History*, 2002.
- Kuznetsov, V.I., Golubev, V.S., Fedorova, T.G., "Notes on the calculation of evaporation from the surface of the water," Hydrometeorological Publishers, Leningrad, 1969. (Russian).
- Kwok, K. S., Ng, K. M., Taboada, M. E., & Cisternas, L. A. (2008). Thermodynamics of salt lake system: Representation, experiments, and visualization. *AICHE Journal*, 54.
- Lee, Y. C. (1990). Geographic information systems for urban applications: problems and solutions. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 17(4).
- Lepierre, Charles. – *Inquérito à Industria do sal em Portugal*. Lisboa, 1936.
- Lior, N., & Bakish, R. (2001). *Supply and desalination* (4th ed.). Kirk-Othmer encyclopaedia of chemical technology.
- Lista de Sítios da Convenção de Ramsar (zonas húmidas de importância internacional): "Sapais de Castro Marim" (7 MAI 96).
- Lobo, Constantino Botelho de Lacerda – *Memórias sobre as Marinhas de Portugal*, in, "Memórias Económicas da Academia Real de Ciências de Lisboa. 1789 – 1815". V. 4. Lisboa. Banco de Portugal, 1991.

- Machado, João, 2000, A emergência dos Sistemas de Informação Geográfica na análise e organização do espaço, Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Mamontov, G. and Marassi, R, ed.: Molten salt chemistry, 1987.
- Martins, Alfredo Fernandes (1947) – A configuração do litoral português no último quartel do século XIV. Apostila a um mapa. Biblos, vol. XXII, p.1-35, Coimbra editora, Coimbra, Portugal.
- Matos, J.,2001, Fundamentos de Informação Geográfica; Lidel, edições técnicas, Lisboa, Universidade do Algarve, Faro.
- Ménanteau, L., Chadenas, C., Choblet, C., 2005. Les marais du Bas-Guadiana (Algarve, Andalousie): emprise, déprise et reprise humaines. 1er colloque internassions du Groupe d'Histoire des Zones Humides, Le Blanc.
- Monico, João Francisco Galera. Posicionamento pelo NAVSTAR-GPS: Descrição, Fundamentos e Aplicações. São Paulo: UNESP, 2000.
- Morales-González, J.A., 1995. Modelo de interacción de las corrientes de marea en la desembocadura del estuario mesomareal del Río Guadiana, (S.O. España-Portugal). Geogaceta, (in Spanish).
- Murthy, Ramakrishna, G. R., & Pandey, K. P. (2003). Comparative performance evaluation of fertiliser solar pond under simulated conditions. Renewable Energy, 28.
- Neves, N. (2008). Materiais de Apoio à disciplina de “Dados Geoespaciais – Modelos e Operações”, UNIGIS, ISEGI, Lisboa.
- Oliveira, J.T., 1990. The south Portuguese zone. Stratigraphy and synsedimentary tectonism. In: Dallmeyer, R.D., Martínez García, E. (Eds.), Premesozoic Geology of Iberia. Springer-Verlag, Berlin.
- Olivier, L., Kovacik, J., 2006. The ‘Briquetage de la Seille’ (Lorraine, France): proto-industrial salt production in the European Iron Age.

- Pegden, C. Dennis. Introduction to SIMIO. In Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, S. J. Mason, R. R. Hill, L. Moench, O. Rose, 229-235. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- Pereira, J. M. C. & Duckstein, L., 1993, A multiple criteria decision-making approach to GIS based land suitability evaluation. *Int J Geographical Information Systems*, 7.
- Rau, Virgínia (1963) – Rumos e vicissitudes do comércio do sal português nos séculos XIV a XVIII. *Revista da Faculdade de Letras de Lisboa*, 3ª série., nº 7, Lisboa, Portugal.
- Rau, Virgínia. *Estudos Sobre a História do Sal Português*. Editorial Presença. Lisboa. 1984.
- Rocha, C.H.B. *Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar*. Juiz de Fora. Ed. do autor, 2000.
- Rocha, Ronaldo dos Santos. *Exatidão Cartográfica para Cartas Digitais Urbanas*. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.
- Usiglio, J., 1849. *Annales Chemical*.
- See, Garnett Laidlaw Eskew, *Salt the fifth element*, 1948.
- Seixas, J. (2007). *Materiais de Apoio à disciplina de “Modelação e Sistemas de Informação Geográfica”*, UNIGIS, ISEGI, Lisboa.
- Serrão, Joel – *Dicionário de Historia de Portugal*, vol. 5, Porto, 1920.
- Sharda, B. and Bury, S. A Discrete Event Simulation Model for Reliability Modeling of a Chemical Plant. In Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, S. J. Mason, R. R. Hill, L. Moench, O. Rose, 1736-1740. Piscataway, New Jersey: Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.

- Simancas, J.F., Pérez Estaún, A., 2004. Evolución tectónica del Macizo Ibérico. In: Vera, J.A. (Ed.), Geología de España. (Macizo Ibérico; Pérez Estaún, A. and Bea, F., Eds). SGE-IGME, Madrid, (Chapter 2).
- Silva, M.C., Fortunato, A.B., Oliveira, A., Rocha, J.S., 2000. Condições ambientais no estuário do Guadiana: o conhecimento atual. In: 5º Congresso da Água. Associação Portuguesa de Recursos Hídricos, APRH, Lisbon, Portugal CD-ROM.
- Song, P., & Yan, Y. (2003). Thermodynamics and phase diagram of the salt lake brine system at 298.15 K. *Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry*, 27.
- Szafir-Goldstein, Cláudia e Souza, César Alexandre, (2003), Tecnologia da Informação aplicada à Gestão empresarial: um modelo para a Empresa Digital, Brasil.
- Vasudevan, K. Simulation of High Speed Bottle Manufacturing Lines - Software Evaluation, Techniques and Results, In Proceedings of the IIE Conference and Expo 2009.
- Vettorazzi, C.A.; Angulo Filho, R.; Couto, H.T.Z. Sistema de posicionamento global. GPS. *Engenharia Rural*, v.5, n.2, 1994.
- Walker, P. A., 1990, Modelling wildlife distributions using a geographic information system: Kangaroos in relation to climate, *Journal of Biogeography*, London, 17.
- Worrall, L. (Ed.). (1990). *Geographic information systems: developments and applications*. London: Belhaven Press.
- Wilson, J. P. e Gallant, J. C. (2000) Digital Terrain Analysis. In: *Terrain Analysis: Principles and Applications*. John Wiley and Sons Inc. New York Chapter 1.
- Young, G. Salt, the Essence of Life. *National Geographic*, 1977.

Anexos

Anexo 1. Produção de sal marinho em Portugal Continental
 (Fonte <http://www.ine.pt> “Ficha técnica - Estatísticas da Pesca 2010”)

NUTS II /Zona de salgado	Salinas com actividade		Área	Produção
		nº	ha	t
	2009	52	1 286	72 325
	2010	52	857	44 574
Norte		0	0	0
Centro		19	46	1 300
	Aveiro	1	9	102
	Figueira da Foz	18	37	1 198
Lisboa		1	45	260
	Tejo	1	45	260
	Sado	0	0	0
Alentejo		3	83	3 032
	Tejo	1	2	1 500
	Sado	2	81	1 532
Algarve		29	683	39 982
	Algarve	29	683	39 982

Anexo 2: Tabela - Resumo dos resultados de modelação numerica da zona de estudo em ambiente de software Microsoft Exel

Nome Salina	Concentrador		Cristalizador		Area do concentrador / Area do cristalizador	Concentrador															
	Area (m2)	Volume (m3)	Area (m2)	Volume (m3)		M Agua Inicial(t)	M Sal Inicial(t)	M Agua Sal 0.22(t)	M Agua a Evaporar(t)	Ano Seco			Ano Umido			2010			2011		
										M Agua Evap(m3/dia)	M Agua Evap (t/dia)	Tempo Evap (Dias)	M Agua Evap (m3/dia)	M Agua Evap (t/dia)	Tempo Evap (Dias)	M Agua Evap (m3/dia)	M Agua Evap (t/dia)	Tempo Evap (Dias)	M Agua Evap (m3/dia)	M Agua Evap (t/dia)	Tempo Evap (Dias)
Salina 1	5508.5	2754.3	3114.7	934.4	2	2823.1	98.8	449.1	2374.0	54.0	55.3	43	19.3	19.8	120	39.7	40.7	58	43.5	44.6	53
Salina 2	16407.2	8203.6	9196.7	2759.0	2	8408.7	294.3	1337.7	7070.9	160.8	164.8	43	57.4	58.9	120	118.1	121.1	58	129.6	132.9	53
Salina 3	13903.0	6782.8	6744.3	2023.3	2	6952.3	243.3	1106.1	5846.3	136.2	139.7	42	48.7	49.9	117	100.1	102.6	57	109.8	112.6	52
Salina 4	10391.1	5195.5	7903.9	2371.2	1	5325.4	186.4	847.2	4478.2	101.8	104.4	43	36.4	37.3	120	74.8	76.7	58	82.1	84.1	53
Salina 5	1976.6	913.6	1108.1	316.3	2	936.4	32.8	149.0	787.4	19.4	19.9	40	6.9	7.1	111	14.2	14.6	54	15.6	16.0	49
Salina 6	14052.9	7026.4	6676.8	2003.0	2	7202.1	252.1	1145.8	6056.3	137.7	141.2	43	49.2	50.4	120	101.2	103.7	58	111.0	113.8	53
Salina 7	8234.2	4117.1	7963.1	2388.9	1	4220.0	147.7	671.4	3548.7	80.7	82.7	43	28.8	29.5	120	59.3	60.8	58	65.1	66.7	53
Salina 8	66109.4	33054.7	21331.8	6399.6	3	33881.0	1185.8	5390.2	28490.9	647.9	664.1	43	231.4	237.2	120	476.0	487.9	58	522.3	535.3	53
Salina 9	15149.4	6934.3	8069.5	2420.3	2	7107.7	248.8	1130.8	5976.9	148.5	152.2	39	53.0	54.3	110	109.1	111.8	53	119.7	122.7	49
Salina 10	18113.2	9056.6	10218.2	3065.5	2	9283.0	324.9	1476.8	7806.2	177.5	181.9	43	63.4	65.0	120	130.4	133.7	58	143.1	146.7	53
Salina 11	6062.3	3031.1	5486.7	1646.0	1	3106.9	108.7	494.3	2612.6	59.4	60.9	43	21.2	21.7	120	43.6	44.7	58	47.9	49.1	53
Salina 12	5999.7	2999.9	4611.7	1383.5	1	3074.9	107.6	489.2	2585.7	58.8	60.3	43	21.0	21.5	120	43.2	44.3	58	47.4	48.6	53
Salina 13	6345.4	3172.7	5419.9	1626.0	1	3252.0	113.8	517.4	2734.7	62.2	63.7	43	22.2	22.8	120	45.7	46.8	58	50.1	51.4	53
Salina 14	232250.5	116125.3	43676.6	13103.0	5	119028.4	4166.0	18936.3	100092.0	2276.1	2333.0	43	812.9	833.2	120	1672.2	1714.0	58	1834.8	1880.6	53
Salina 15	16702.5	8351.2	8494.9	2548.5	2	8560.0	299.6	1361.8	7198.2	163.7	167.8	43	58.5	59.9	120	120.3	123.3	58	131.9	135.2	53
	437205.8		150016.8																		

M Agua Inicial(t)	M Agua a Evaporar(t)	Cristalizador												Ano Seco					Ano Umido				
		Ano Seco			Ano Umido			2010			2011			Numero Rec.	Quantidade Sal (t)	Valor Flor de Sal (€)	Valor Sal Grosso (€)	Valor Total (€)	Numero Rec.	Quantidade Sal (t)	Valor Flor De Sal (€)	Valor Sal Grosso (€)	Valor Total (€)
		M Agua Evap (m3/dia)	M Agua Evap (t/dia)	Tempo Evap (Dias)	M Agua Evap (m3/dia)	M Agua Evap (t/dia)	Tempo Evap (Dias)	M Agua Evap (m3/dia)	M Agua Evap (t/dia)	Tempo Evap (Dias)	M Agua Evap (m3/dia)	M Agua Evap (t/dia)	Tempo Evap (Dias)										
383.0	66.2	30.5	31.3	2	10.9	11.2	6	22.4	23.0	3	24.6	25.2	3	3.40	296	35571	46005	81577	1.21	99	11857	15335	27192
1140.7	197.0	90.1	92.4	2	32.2	33.0	6	66.2	67.9	3	72.7	74.5	3	3.40	883	105949	137028	242977	1.21	294	35316	45676	80992
943.1	162.9	66.1	67.7	2	23.6	24.2	7	48.6	49.8	3	53.3	54.6	3	3.46	730	87600	113295	200895	1.23	243	29200	37765	66965
722.4	124.8	77.5	79.4	2	27.7	28.4	4	56.9	58.3	2	62.4	64.0	2	3.44	559	67100	86783	153883	1.23	186	22367	28928	51294
127.0	21.9	10.9	11.1	2	3.9	4.0	6	8.0	8.2	3	8.8	9.0	2	3.68	98	11799	15260	27059	1.31	33	3933	5087	9020
977.0	168.8	65.4	67.1	3	23.4	24.0	7	48.1	49.3	3	52.7	54.1	3	3.37	756	90747	117366	208112	1.20	252	30249	39122	69371
572.5	98.9	78.0	80.0	1	27.9	28.6	3	57.3	58.8	2	62.9	64.5	2	3.47	443	53172	68770	121942	1.24	148	17724	22923	40647
4596.3	793.9	209.1	214.3	4	74.7	76.5	10	153.6	157.4	5	168.5	172.7	5	3.28	3558	426901	552126	979027	1.17	1186	142300	184042	326342
964.2	166.5	79.1	81.1	2	28.2	28.9	6	58.1	59.6	3	63.7	65.3	3	3.70	746	89557	115827	205384	1.32	249	29852	38609	68461
1259.3	217.5	100.1	102.6	2	35.8	36.7	6	73.6	75.4	3	80.7	82.7	3	3.40	975	116966	151276	268243	1.21	325	38989	50425	89414
421.5	72.8	53.8	55.1	1	19.2	19.7	4	39.5	40.5	2	43.3	44.4	2	3.46	326	39147	50630	89778	1.24	109	13049	16877	29926
417.1	72.1	45.2	46.3	2	16.1	16.5	4	33.2	34.0	2	36.4	37.3	2	3.44	323	38743	50108	88851	1.23	108	12914	16703	29617
441.2	76.2	53.1	54.4	1	19.0	19.4	4	39.0	40.0	2	42.8	43.9	2	3.45	341	40976	52995	93971	1.23	114	13659	17665	31324
16147.3	2789.1	428.0	438.7	6	152.9	156.7	18	314.5	322.3	9	345.0	353.7	8	3.11	12498	1499758	1939687	3439444	1.11	4166	499919	646562	1146481
1161.2	200.6	83.3	85.3	2	29.7	30.5	7	61.2	62.7	3	67.1	68.8	3	3.38	899	107856	139494	247350	1.21	300	35952	46498	82450
															23432	2811843	3636650	6445492		7811	937281	1212217	2149497

Continuação do Anexo 2

2010					2011				
Numero Rec.	Quantidade Sal (t)	Valor Flor de Sal (€)	Valor Sal Grosso (€)	Valor Total (€)	Numero Rec.	Quantidade Sal (t)	Valor Flor de Sal (€)	Valor Sal Grosso (€)	Valor Total (€)
2.50	198	23714	30670	54384	2.74	198	23714	30670	54384
2.50	589	70633	91352	161985	2.74	589	70633	91352	161985
2.54	487	58400	75530	133930	2.79	487	58400	75530	133930
2.53	373	44734	57855	102589	2.77	373	44734	57855	102589
2.70	66	7866	10173	18039	2.96	66	7866	10173	18039
2.47	504	60498	78244	138741	2.72	504	60498	78244	138741
2.55	295	35448	45846	81295	2.79	295	35448	45846	81295
2.41	2372	284601	368084	652684	2.65	2372	284601	368084	652684
2.72	498	59705	77218	136923	2.98	498	59705	77218	136923
2.50	650	77978	100851	178828	2.74	650	77978	100851	178828
2.54	217	26098	33754	59852	2.79	217	26098	33754	59852
2.53	215	25829	33405	59234	2.77	215	25829	33405	59234
2.54	228	27317	35330	62647	2.78	228	27317	35330	62647
2.28	8332	999838	1293124	2292963	2.50	8332	999838	1293124	2292963
2.48	599	71904	92996	164900	2.73	599	71904	92996	164900
	15621	1874562	2424433	4298995		15621	1874562	2424433	4298995