

**APPLICAZIONI GIS PER LA VALORIZZAZIONE DEI BACINI FLUVIALI. LO STUDIO
DELLA VALLE DELLO ZEZE (PORTOGALLO) NEL PROGETTO ECOS
OUVERTURE**

**GIS APPLICATIONS FOR THE EVALUATION OF RIVER BASINS: THE ZEZE
VALLEY (PORTUGAL), A CASE STUDY IN THE PROJECT ECOS OUVERTURE.**

R.Anastacio* - A.Cruz* - L.Oosterbeek* - G.Pizzolo** -
A.Rodrigues* - P.Rosina* - L.Santos* - L.Santucci*

rfanastacio@ipt.pt, loost@ipt.pt, gpizzolo@unifi.it, prosina@ipt.pt, lsantos@ipt.pt

Riassunto

Il lavoro, sviluppatosi nell'ambito del progetto europeo *Ecos Ouverture* è finalizzato al monitoraggio delle risorse ambientali e culturali del fiume Zezere e alla loro valorizzazione. L'intervento presenta parte dei risultati della ricerca in corso e puntualizza alcuni aspetti di tipo metodologico relativi all'utilizzo del GIS come strumento di gestione, analisi e produzione di dati provenienti da studi interdisciplinari. In particolare sono stati prodotti tematismi relativi alla geomorfologia, alla vegetazione, all'archeologia e all'evoluzione del paesaggio le cui elaborazioni hanno trovato nello strumento GIS uno stimolante potenziale investigativo.

PAROLE CHIAVE: GIS, Zezere, Ecos Ouverture

Summary

The aim of this work, which has been developed within the framework of the European project *Ecos Ouverture* is focused to monitor and to evaluate the potential of environmental and cultural resources of the Zezere River. This paper presents only some of the results of the research in progress and focuses on methodological aspects related to the use of GIS as a tool to manage, analyse create and edit data connected to interdisciplinary studies. In particular, thematic layers have been produced for geomorphological, vegetational, archaeological and landscape issues using the GIS as a stimulating and potential tool of investigation.

KEY WORDS: GIS, Zezere, Ecos Ouverture.

Introduzione

L.Oosterbeek

Lo studio del bacino del fiume Zêzere che qui si presenta nasce all'interno del progetto europeo "Ecos Ouverture, Monitoraggio dei bacini fluviali in Europa", patrocinato dalla Comunità Europea

ossu-firenze

e dal Politecnico di Tomar (PT) e appoggiato dalle amministrazioni comunali di Abrantes, Constância, Ferreira do Zêzere, Vila Nova da Barquinha il cui territorio è interessato dal passaggio del Fiume Zêzere (FIG 1). Le finalità del progetto sono: censire ed analizzare le risorse che caratterizzano il paesaggio, creare un monitoraggio continuo in una fascia di rispetto intorno ai fiumi, e attuare una proficua collaborazione con le istituzioni locali preposte alla pianificazione e piani di sviluppo territoriali. A tale scopo si intende acquisire tutte le informazioni relative ai contesti ambientali geomorfologici e storico culturali del tratto di bacino preso in esame e inserirli in un unico sistema, propriamente un GIS; che permetta di confrontare e aggiornare continuamente lo stato dell'arte e che allo stesso tempo consenta l'elaborazione dei dati e li renda a disposizione degli enti locali preposti alla gestione delle risorse e del territorio. Date queste premesse occorre sottolineare che all'interno di questo lavoro si intende il territorio non come un insieme di oggetti nello spazio ma come un paesaggio in trasformazione permanente, che vive in un disequilibrio permanente, nel quale si interagisce, uno spazio fisico e percepito ma soprattutto umano e umanizzato. In questa ottica lo studio del bacino del fiume Zêzere intende dotarsi attraverso l'uso del GIS di uno strumento che permetta la continua relazione tra i diversi aspetti del territorio in modo flessibile e dinamico.

Le specificità dell'area in esame risultano particolarmente stimolanti per studi di valorizzazione dei bacini fluviali: Infatti l'Alto Ribatejo, situato nel Portogallo centrale, è caratterizzato dall'unione di tre diverse unità geomorfologiche: il massiccio arenario dell'Estremadura ad ovest, il bacino miocenico del Tejo a sud, e i graniti e gli scisti delle "Beiras" ad est. È una regione che trova la sua unità nelle diversità di paesaggi e risorse naturali e culturali attraverso la connessione dei suoi fiumi principali, il Tejo lo Zêzere e il Nabao, che costituiscono il suo "scheletro".

L'area di studio analizzata è relativa alla bassa Valle dello Zêzere nel tratto che dal Comune di Ferreira do Zêzere arriva fino alla confluenza con il F. Tejo. La bassa valle dello Zêzere è caratterizzata, da monte, in corrispondenza di Dornes fino a Vila de Rei, a valle, da un andamento generale N-S. Da Vila de Rei, la direzione media dell'asse vallivo subisce una significativa deviazione assumendo una direzione NE-SO fino alla confluenza col F. Nabão, più a Sud. Dalla confluenza col F. Nabão, lo Zêzere compie una seconda deviazione di circa 90°, assumendo un decorso NO-SE, per poi riprendere un andamento N-S fino alla confluenza nel F. Tejo.

La prima fase del progetto è stata dedicata alla raccolta dei dati disponibili e alle indagini sul campo. Per quanto riguarda quest'ultime i criteri del progetto Ecos Ouverture delimitano il monitoraggio dei bacini fluviali ad una fascia di 500 m di larghezza in destra ed in sinistra idrografica del talweg fluviale, tuttavia per la valle dello Zêzere si è ampliata l'area di indagine ad

una fascia di 1km dalle sponde fluviali (FIG 2) per soddisfare le richieste di analisi geomorfologica ed ambientale date le caratteristiche peculiari della Valle. Inoltre per ciò che concerne gli aspetti archeologici e storico-culturali si è dovuto necessariamente procedere ad un ulteriore ampliamento dell'area di indagine per permettere una contestualizzazione in tal senso del territorio. In questo articolo si intende presentare i criteri che hanno caratterizzato la ricerca dal punto di vista dell'acquisizione, organizzazione e strutturazione dei dati e da una loro prima analisi rilevando l'aspetto interdisciplinare del progetto che ha permeato tutte le scelte operate dal gruppo di lavoro. Occorre infatti sottolineare la particolare collaborazione che ha avuto luogo tra i diversi specialisti, in particolare in visione di uno sfruttamento completo delle potenzialità del GIS come strumento di analisi e di elaborazione dati. La prima fase del progetto ha permesso di : raccogliere le informazioni esistenti relative all'area di studio; creare una struttura GIS per l'archiviazione e gestione dati; creare specifici tematismi all'interno del GIS ed elaborare analisi conoscitive; produrre carte tematiche; sviluppare un'inchiesta fra la popolazione sulla percezione e conservazione delle risorse ambientali (oltre 2000 interviste); iniziare lo studio di valutazione di impatto antropico; e coinvolgere i giovani e gli studenti del Politecnico nelle attività di ricognizione sul campo. Si intende di seguito presentare alcuni risultati degli studi specifici effettuati per le indagini geomorfologiche, ambientali e storico paesaggistiche strutturate all'interno del GIS fornendo infine un quadro delle prospettive di ricerca e valorizzazione del bacino dello Zêzere.

Costruzione del GIS e il data input

R.Anastacio, G.Pizziolo, A.Rodrigues

La scelta di utilizzare un Sistema Informativo Geografico è stata in parte già esplicitata nell'introduzione, adesso si vuole sottolineare come il GIS, in quanto strumento potente per esplorare ed analizzare temi specifici e relazioni complesse rendendo i dati disponibili per interrogazioni by attribute and location, sia adatto e funzionale alla ricerca suddetta.

Il sistema è stato sviluppato utilizzando i software Esri ArcView 3.1 e ArcInfo 8 e ha previsto l'acquisizione e gestione di dati raster, vettoriali e alfanumerici di diversa natura. La prima operazione è consistita nel inserire tutte le informazioni esistenti all'interno del GIS e riportandole ad un unico sistema di riferimento. Per avere la massima compatibilità con le amministrazioni locali si è scelto di georeferenziare i dati in coordinate Gauss. Le fonti utilizzate sono di diversa natura. Per quanto riguarda la cartografia sono state utilizzate: carte topografiche militari (1:25000); carte dell'uso del suolo (1:25000) e i Piani di sviluppo comunale (PDM) con vari tematismi. Le informazioni tematiche ed alfanumeriche a disposizione si suddividono in : fonti primarie relative

alle ricognizioni su vegetazione, geomorfologia e paesaggio; e fonti secondarie costituite dai database archeologico ed etnografico sviluppati dal Centro de Prehistoria del Politecnico di Tomar. Lo svolgimento della prima fase del progetto ha portato alla produzione di diverse informazioni geografiche. In primo luogo si è proceduto alla georeferenziazione della cartografia suddetta. In particolare dalla cartografia topografica attuale sono state digitalizzate curve di livello, punti quota e idrografia. Da quest'ultima è stato definito 1 Km di buffer lungo le rive dello Zêzere (fig. 2). Tale intorno è stato utilizzato come area di studio delle indagini geomorfologiche e vegetazionali. Dai tematismi relativi all'altimetria si è costruito un Modello Digitale del Terreno (DTM) in forma sia TIN che Grid con la cella di 25 metri (fig. 3). Il modello è divenuto fondamentale per la costruzione di profili altimetrici di aree campione (fig. 4) e per la costruzione delle carte delle acclività e delle esposizioni le cui elaborazioni hanno permesso lo studio di tematismi geomorfologici. Ad esempio dalla suddivisione in fasce di acclività omogenee si sono evidenziate aree con pendenza $0 - 2^\circ$ sulle quali sono state fatte indagini particolari verificate poi sul campo. Ulteriori elaborazioni sono state ottenute dalla combinazione dei tematismi relativi ad acclività, esposizione ed altimetria. Dalle ricognizioni sul campo e dallo studio delle fotografie aeree è stata redatta una carta della vegetazione che è stata acquisita via digitiser ad una scala di riferimento 1:25.000. Per quanto riguarda la copertura della vegetazione nel passato sono state acquisite e georeferenziate le carte dell'uso del suolo edite negli anni 70. In particolare sono state digitalizzate le aree relative alle coltivazioni ad oliveto e oliveto misto ad altre colture. Tali tematismi sono stati utilizzati per gli studi di storia del paesaggio così come altre informazioni estratte dalle carte topografiche degli anni 40 previa la loro acquisizione, georeferenziazione e digitalizzazione. I dati provenienti dal database archeologico sono stati utilizzati per la costruzione di carte tematiche relative al paesaggio archeologico della valle dello Zêzere. Si illustrano a seguito nelle loro particolarità alcuni degli studi specifici realizzati attraverso indagini sul campo e elaborazione dei dati all'interno del GIS. Si ritiene importante sottolineare l'utilità di studi interdisciplinari condotti in équipe all'interno di una metodologia che utilizzi il GIS come uno strumento di ricerca. Per lo svolgimento di questa fase del progetto si è infatti verificata una stimolante collaborazione sinergica tra i diversi specialisti delle materie.

Il quadro geomorfologico

P. Rosina, L. Santucci

Questo contributo, si inserisce in un più ampio quadro di caratterizzazione geologica, geomorfologica e sedimentologica dell'Alto Ribatejo, condotta già da diversi anni dall'Istituto

Politécnico de Tomar - Departamento Gestão do Território (MOZZI, 1998; CORRAL FERNANDEZ, 1998, PENA DOS REIS, 1998; MOZZI *et alii*, 1999; OOSTERBEEK *et alii*, 2000; BOTÓN GARCIA, 2000; MOZZI, 2000). Obiettivo della presente ricerca è fornire elementi utili a una prima caratterizzazione geomorfologica della bassa Valle dello Zêzere. Il substrato è costituito essenzialmente da rocce metamorfiche (di natura scistosa) di età Precambrica o Paleozoica. I depositi più recenti, plio-pleistocenici, sono quelli maggiormente coinvolti dai fenomeni di evoluzione geomorfologica e sono spesso caratterizzati da una maggiore discontinuità di affioramento e da spessori, generalmente più ridotti rispetto alle formazioni geologiche più antiche. Purtroppo per la valle dello Zêzere, manca una cartografia geologica a grande scala e l'unico supporto cartografico è costituito dalla Carta Geologica del Portogallo in scala 1:500.000. Una carta siffatta necessariamente non possiede una risoluzione elevata, soprattutto per quanto concerne i depositi più recenti, plio-pleistocenici e risulta quindi inutilizzabile per le nostre indagini. La prima fase della ricerca si è orientata verso una sperimentazione delle elaborazioni GIS allo scopo di elaborare tematismi interpretativi da verificare attraverso le indagini sul campo. Le carte dell'acclività sono state il primo oggetto di nostro interesse. Tramite le riclassificazioni delle stesse sono stati creati tematismi di studio. Le aree spianate (0-2°) sono state evidenziate e caratterizzate (fig 5) sulla base di alcuni elementi altimetrici (quote), fisiografici (aree piatte, creste, selle, cime), antropici (opifici, centri abitati) e geologici (presenza o assenza di coltri detritiche e loro spessore, presenza di depositi fluviali o colluviali). I dati ricavati direttamente dall'utilizzo del GIS, sono stati integrati dai dati ricavati dalla letteratura (MOZZI, 1998; CORRAL FERNANDEZ, 1998, MOZZI *et alii*, 1999; OOSTERBEEK *et alii*, 2000; MOZZI, 2000) e dai nostri rilevamenti sul campo, costituendo un database.

Descrizione del database

Le aree sono state identificate secondo i vari caratteri con codici numerici o alfa-numerici. Per quanto riguarda l'aspetto fisiografico sono state distinte le superfici spianate che non rappresentano culminazioni topografiche, le selle, le creste montuose appiattite, le aree urbanizzate e le culminazioni topografiche. Le superfici così contrassegnate sono state ulteriormente suddivise a seconda della assenza o della presenza di depositi e della loro natura: deposito fluviale, detrito o depositi lacustri miocenici. Il termine detrito è stato utilizzato in senso molto lato, andando a comprendere sia il deposito formato dall'alterazione *in situ* delle rocce metamorfiche che le coltri colluviali, il suolo o il detrito di versante.

Ad ogni superficie è stata attribuita la propria quota espressa in metri (sul livello del mare). In un ulteriore campo è stato dedicato ai dati di carattere geologico che caratterizzano le varie superfici. In

particolare, il tipo di deposito e la sua età, non sempre ben definibile purtroppo visto l'incerto quadro stratigrafico per i sedimenti post-miocenici. Per quanto concerne il detrito, si sono distinte le superfici con coltri detritiche scarse (<1m) da quelle con copertura detritica notevole (>1m). Tale classificazione delle superfici ha permesso di selezionare flessibilmente e secondo criteri variabili alcune aree giungendo al riconoscimento di terrazzi fluviali (fig. 6). Tali operazioni, supportate anche dalla esecuzione di profili altimetrici sono state poi verificate sul campo. Le uscite in campagna sono state finalizzate sia alla verifica delle ipotesi elaborate nel GIS che all'individuazione di aree interessanti poi analizzate attraverso le elaborazioni GIS (fig.7).

L'area indagata è caratterizzata da un notevole dislivello altimetrico procedendo da monte, a Nord, a valle, a Sud. Nel settore settentrionale le quote massime raggiungono i 450 metri s.l.m., mentre all'estremità meridionale si attestano sui 210 metri s.l.m., con quote medie di 130-140 m s.l.m. Dalla carta delle acclività sono stati selezionati tutti quei versanti con pendenza superiore ai 20°. Nella porzione settentrionale e centrale dell'area in esame la loro distribuzione ha mostrato una marcata asimmetria delle valli, riscontrabile soprattutto per le valli secondarie. Con un andamento generale delle valli orientato NO-SE, si può constatare come le aree a maggiore acclività si concentrino tutte sui versanti orientali delle vallecole, secondo allineamenti mediamente NE-SO.

L'esposizione dei versanti è stata valutata inserendo quattro classi, comprendenti tutte quelle superfici con azimuth compreso tra $\pm 45^\circ$ rispetto ai quattro punti cardinali principali: Nord, Ovest, Sud ed Est. Nella vasta porzione a monte della diga di Castelo do Bode la maggiore uniformità delle creste e delle vallecole, con trend prevalente NO-SE, si riflette nella pressoché costante prevalenza di versanti esposti a Nord ed Est sui fianchi orientali delle creste montuose e dalla prevalenza di versanti esposti a Sud ed Ovest, sui fianchi occidentali delle stesse. È stata poi sperimentata la sovrapposizione del tema esposizione col tema acclività selezionando le aree con pendenza maggiore di 20° che ha mostrato come, ci sia una notevole coincidenza tra le aree contraddistinte da una marcata acclività dei versanti e le aree in cui i versanti sono esposti verso Nord. Tale caratteristica, sembra solo in piccola parte spiegabile con le condizioni giaciture estremamente variabili, da subverticali a suborizzontali, delle metamorfiti. La notevole regolarità dell'organizzazione del reticolo secondo il trend dominante NO-SE, deve probabilmente la sua genesi ad un controllo tettonico che si imposta dalla fine del Miocene fino al Quaternario (PENA DOS REIS, 1998). Tale controllo, attivo probabilmente durante la fase di terrazzamento dei principali corsi fluviali dell'area Tejo, Nabão, Bezelga (PENA DOS REIS, 1998) condiziona ancora lo sviluppo del moderno reticolo di drenaggio dell'area che è caratterizzata da una limitata energia di rilievo ed una blanda dinamica fluviale (vedi MOZZI, 1998).

Oltre che all'analisi di cui abbiamo riportato alcune esemplificazioni l'utilizzo del GIS ci permette di definire e rendere disponibili per le amministrazioni locali mappature delle emergenze geomorfologiche peculiari della zona che devono essere valorizzate e "musealizzate" ma soprattutto tutelate.

La copertura vegetale e il monitoraggio ambientale

L.Santos

Il processo di monitoraggio del bacino fluviale è la base di studio fondamentale per fornire supporto decisionale agli enti locali preposti alla pianificazione territoriale rapportata all'ambiente. In questo modo si rende necessario l'inclusione dei valori ambientali nelle nuove prospettive di sviluppo. Lo studio in corso d'opera mira a definire i legami fra le componenti di qualità ambientale e gli effetti sull'ambiente risultanti dalle varie attività umane al fine di proporre diversi scenari territoriali. Sono stati considerati alcuni elementi che concorrono alla descrizione della qualità ambientale: la biodiversità, la qualità delle acque superficiali, la qualità dell'aria, dei suoli, l'inquinamento acustico e la qualità del paesaggio. Su questi elementi sono in corso di valutazione le "sensitivities" ovvero l'importanza delle componenti che tali qualità ambientali hanno rispetto ai diversi tipi di uso del suolo. Inoltre si intende monitorare gli effetti risultanti dalle attività umane inquinanti in relazione alla qualità ambientale come ad esempio la distruzione degli habitat, la discarica di rifiuti sia solidi che liquidi, le emissioni nell'atmosfera e il fenomeno dell'erosione dei suoli. Da tali elementi si vuole sviluppare sia gli "scenari di attenuazione" ovvero le valutazioni del potere di attenuazione che ciascun tipo di uso del suolo ha in relazione ai vari tipi di effetto sia "scenari di propagazione" ovvero la valutazione del potenziale di diffusione spaziale degli effetti per ogni tipo di uso del suolo.

Per quanto riguarda lo studio sulla vegetazione la ricerca si articola nelle seguenti fasi: la raccolta delle

fonti primarie disponibili, l'esecuzione di una ricognizione dettagliata sulla copertura vegetale, la creazione di carte tematiche e la creazione del database dell'impatto antropico sulla vegetazione. L'organizzazione del lavoro ha previsto: la raccolta preliminare delle informazioni esistenti, la lettura delle fonti primarie relative allo stato della vegetazione (immagini aeree, cartografia uso del suolo, inventari delle specie), la definizione dei criteri di campionamento e la determinazione delle aree pilota.

In particolare la creazione di carte della vegetazione necessita di un piano coerente di classificazione da applicare durante la ricognizione, considerando in particolare due aspetti: la ricognizione dei modelli stessi (ad es. di uno specifico tipo di bosco) e la frequenza e distribuzione dei patches del modello (cioè la loro distribuzione spaziale, il numero e la dimensione degli elementi che caratterizzano il bosco). Nelle analisi del paesaggio la frequenza dei patch della vegetazione e la loro distribuzione varia in funzione della scala d'indagine, della complessità ambientale e del livello di analisi delle classificazioni usate per caratterizzare il modello (Gillison and Brewer, 1985).

Nel nostro caso di studio si è adottata la metodologia di campionamento a Gradsect. Quest'approccio intende offrire una descrizione ad ampio raggio della variabilità biotica (in questo caso la vegetazione) di un'area facendo campionamento lungo l'intero spettro di variabilità ambientale. In altre parole vengono selezionati i transetti che contengono il più forte gradiente ambientale allo scopo di ottimizzare la raccolta della maggior quantità d'informazioni rispetto al tempo e allo sforzo richiesto dalla ricognizione. Questo metodo è stato dimostrato scientificamente e statisticamente valido anche nel confronto con le metodologie di campionamento stratificato. Le aree pilota sono state selezionate e ricoprono più del 15% dell'estensione spaziale di ogni classe biofisica. Inoltre ogni area è stata confrontata con fotografie aeree che, dopo un'attenta interpretazione, hanno permesso il delineamento della vegetazione. L'area di studio, oltre al campionamento, è stata sottoposta a varie forme di perlustrazione che grazie alla combinazione con le indagini sulle foto aeree ha portato alla definizione di una carta della vegetazione in scala 1:25.000 appoggiata alla cartografia topografica. Questo tematismo è stato acquisito via digitizer ed i dati ottenuti inseriti all'interno del GIS (fig. 7 e 8) secondo le indicazioni stabilite per il nostro sistema. Dall'analisi effettuate le colture dominanti risultano (fig. 10): Eucalipto presente nel 35% dell'area di studio, il Pino nel 32%, l'orticolo e giardini nel 11%, l'Olivio nel 9%, il frutteto misto nel 8%, e vegetazione mista nel 5%. Per quanto riguarda quest'ultima il poligoni che rappresentano aree a vegetazione mista sono stati caratterizzati dalla copresenza delle due maggiori colture dominanti. Informazioni sullo stato della vegetazione sono state inserite relativamente ad episodi di combustione.

Il tematismo della vegetazione verrà confrontato con i dati emersi dalle analisi geomorfologiche. Ulteriori caratterizzazioni saranno fornite con il confronto con i dati elaborati attraverso il DTM in particolare analizzando la pendenza e l'orientamento dei diversi usi del suolo. Nei sistemi di classificazione ecologica l'obiettivo è di identificare le unità di vegetazione o di territorio con caratteristiche simili per capire le relazioni ecosistemiche. I tipi di vegetazione sono caratterizzati dal legame fra la distribuzione delle singole specie e la loro co-occorrenza con un set di fattori

ambientali. È importante integrare il campionamento della vegetazione e gli attributi ecologici in una metodologia comune, al fine di individuare processi e unità di classificazione per caratterizzare e valutare i paesaggi in relazione ai loro modelli di vegetazione.

Le analisi della copertura della vegetazione in rapporto agli ecosistemi presenti sono allo studio per individuare le aree di riserva o di particolare interesse naturalistico. A queste attività si correlano indagini e monitoraggi sul livello di inquinamento e di impatto antropico sugli equilibri ambientali presenti nell'area di studio. In particolare sono state indagate le forme di inquinamento delle acque da parte delle attività produttive e il fenomeno dell'erosione dei suoli causate dalle piantagioni di eucalipto (fig. 11).

Il quadro archeologico ed etnografico

A.R. Cruz

Numerose sono le ricerche che il CHEIPHAR (Centro Europeu de Investigação da Pré-História do Alto Ribatejo presso l'Istituto Politecnico de Tomar) ha condotto nella zona compresa tra i fiumi Nabao, Tejo e Zêzere sia attraverso indagini sul campo che tramite approfondite ricerche bibliografiche e d'archivio. In particolare per quanto riguarda le evidenze archeologiche sono stati esplorati ed indagati attraverso ricognizioni, scavi sistematici e di emergenza molti contesti preistorici, classici e medioevali che testimoniano la lunga e ricca storia delle popolazioni vissute nel territorio. In questo studio le ricerche si sono orientate ad individuare tutte le testimonianze dell'uomo e delle sue azioni che hanno plasmato e caratterizzato il paesaggio archeologico dell'Altoribatejo. I risultati delle indagini sopra descritte sono stati standardizzati e inseriti in specifici database progettati appositamente per archiviare e rendere disponibili all'interno del GIS tutti i dati raccolti dal CEIPHAR. Sono stati realizzati due database relazionali Arqsoft (fig. 12) e Etnosoft (fig.13) attraverso personalizzazioni di Microsoft Access 97 (Pereira 1998). Il database archeologico è stato pensato per appoggiare sia attività di ricerca che di gestione dei dati disponibili per siti e collezioni archeologiche e per mettere a disposizione informazioni per studi comparativi interdisciplinari. Il database è stato organizzato tenendo conto di due principali aree tematiche.

Dati derivati da **ricerca sul campo**. In questa area tematica si raccolgono le informazioni provenienti da ricognizioni e scavi e comprende quattro sotto aree: il sito archeologico (fig. 14), i materiali (fig. 15), le strutture e il grado di protezione. Tutte queste informazioni sono georeferenziate rispetto al sistema di riferimento del GIS ed hanno specifici campi dedicati alla localizzazione del sito.

Dati derivati da **ricerche in laboratorio**. In questa area tematica si raccolgono gli approfondimenti

oss-fiere
e le informazioni specifiche relative a tutti gli studi e le analisi compiuti su materiale archeologico inteso sia come singolo oggetto che come sito stesso, fra queste elenchiamo: l'edafologia, la fisiografia e la geomorfologia, le relazioni spaziali e la stratigrafia per quanto riguarda le informazioni del sito archeologico. Per ciò che concerne i materiali sono previste schedature di informazioni relative a fauna, ossa umane, materiali ceramici e litici, per questi ultimi sono previste ulteriori tabelle specifiche dedicate alla morfologia, all'analisi dell'impasto e alla tipologia e tecnica di realizzazione. Tali informazioni sono relative ai singoli oggetti analizzati i quali sono a loro volta attribuibili al sito di provenienza e quindi georeferenziati nello spazio.

A questi tematismi si aggiungono le aree dedicate alla bibliografia e all'archivio dei reperti suddivisi in base alle strutture di conservazione dove viene archiviato il materiale archeologico.

Il database relativo all'etnografia, Etnosoft, ha anch'esso una struttura relazionale ed è diviso nelle seguenti aree tematiche: strutture architettoniche, oggetti, fiere e festività, racconti leggende e tradizioni, botanica e zoologia. Gli elementi schedati sono forniti di una localizzazione che quando risulta possibile è a livello di coordinate geografiche altrimenti ricorre ad areali di pertinenza o di riferimento.

L'organizzazione dei dati archeologici ed etnografici così composta permette di creare, attraverso il GIS, carte tematiche visualizzando i gli elementi in esame in relazione alle loro caratteristiche. Ad esempio si possono selezionare secondo classificazioni cronologiche o funzionali (fig. 16) tutte le evidenze archeologiche presenti nella zona per avere una prima caratterizzazione del paesaggio antropico nelle varie fasi temporali o nelle diverse aree di attività e presenza umana. Ma tali distribuzioni, la cui complessità di selezione può essere raffinata ed aumentata, non devono limitarsi ad una visualizzazione di semplici punti su una carta ma devono essere relazionati con i contesti morfologici e ambientali (fig. 17) che hanno ospitato le interazioni umane con il territorio. La realizzazione di rappresentazioni e analisi che tengano conto del contesto è uno dei principali campi applicativi che si intende sviluppare attraverso le potenzialità dello strumento GIS.

Analisi delle trasformazioni del paesaggio nella valle dello Zêzere un caso di studio sviluppato attraverso il GIS

G. Pizziolo

Il caso di studio che qui si presenta nasce dall'opportunità di utilizzare il GIS come strumento di analisi per indagare le dinamiche del paesaggio, in quanto risultanti di complesse relazioni tra variabili spaziali e temporali, della Valle dello Zêzere. La possibilità di usufruire di uno strumento flessibile ed efficace nella correlazione di elementi diversi ha reso lo studio particolarmente

stimolante in un contesto che ha subito grandi trasformazioni, anche nell'ultimo secolo.

La necessità di esplorare le continuità e i cambiamenti avvenuti nel paesaggio prende forma attraverso la costruzione di una rete di rapporti reciproci fra contesto ambientale e antropico che interagiscono fra di loro in modo dinamico. Per questa ragione diviene importante organizzare all'interno di un unico sistema dati derivati da studi interdisciplinari predisponendo uno spazio comune dove correlarli e poter gestire il risultato delle analisi in forma quantitativa e cartografica. Lo scopo generale dello studio è quello di indagare le trasformazioni del paesaggio avvenute dalla preistoria ai giorni nostri focalizzandosi in particolare sullo sfruttamento delle risorse e sull'uso del territorio sia in senso economico che sociale.

Le analisi dei mutamenti paesaggistici si sono al momento concentrate sulle fasi più recenti della storia della Valle in attesa di avere maggiori informazioni di tipo paleoambientale per quanto riguarda i periodi più antichi. La prima fase dello studio si è incentrata sulla raccolta delle fonti storiche condotta presso gli archivi locali e nazionale. Lo studio della cartografia storica è ancora in corso. È stato di fondamentale importanza riuscire ad avere a disposizione fonti che fossero precedenti agli anni cinquanta, periodo in cui è stata costruita la diga del Castelo do Bode che ha completamente modificato l'assetto della Valle. Sono state reperite carte topografiche militari in scala 1:25000 edite negli anni quaranta che hanno fornito preziose e dettagliate informazioni sulle caratteristiche del territorio in quei decenni. In questi documenti sono ben rappresentate le informazioni relative alla vecchia toponomastica, alla copertura della vegetazione e all'organizzazione agraria che rispecchiano situazioni arcaiche e consolidate relativamente alla formazione del paesaggio storico. Tali informazioni ormai sono solo delle deboli eco nella cartografia attuale ed è stato di fondamentale importanza poter sviluppare un confronto fra queste fonti. Inoltre hanno fornito dati accurati rispetto alla morfologia ed elementi del paesaggio oggi sommersi dalle acque dello Zêzere. Si è proceduto alla georeferenziazione delle carte storiche rispetto al sistema di riferimento adottato e all'estrazione dei tematismi d'interesse tramite vettorializzazione a schermo e al digitizer. Le informazioni sull'assetto attuale del territorio quali la morfologia e la vegetazione erano già state inserite all'interno del GIS (vedi paragrafi 3 e 4) per effettuare gli studi geomorfologici ed ambientali.

Ulteriori informazioni relative all'uso del suolo degli ultimi decenni sono state estratte dalle carte delle coperture agricole e forestali (Carta Agrícola e Florestal du Portugal 1971 scala 1:25000) edite dal relativo Ministero portoghese.

Alla cartografia si sono aggiunti dati di tipo alfanumerico derivati dai database Arqsoft ed Etnosoft (cfr paragrafo 5) e dalle osservazioni fatte durante ricognizioni nella Valle. Tali attività hanno infatti

permesso, grazie alla preziosa partecipazione del Prof. A. Caraço, la raccolta di numerose informazioni relativamente alle attività agricole tradizionali ottenute tramite osservazione diretta sul campo e interviste fatte alla popolazione locale. Questi dati concernenti i modelli insediativi e produttivi, la gestione delle risorse idriche e ambientali, presenza di manufatti o ecofatti, sono stati registrati sulla cartografia e acquisiti come singoli oggetti all'interno del GIS, previa essere stati classificati per tipologia, cronologia, interpretazione, condizioni conservative, nome identificativo e toponomastica associata. In particolare sono risultati di grande interesse le informazioni relative alla gestione dell'uso del suolo e delle risorse idriche. La valle infatti presenta, specialmente a nord, versanti molto ripidi che hanno spinto l'uomo a costruire un sistema di terrazzamenti che permettesse la disponibilità di terreno coltivabile e l'accesso alle acque della Zêzere che con le loro piene stagionali lasciavano sui terrazzi fertile limo. Il sistema era complesso e la tipologia del terrazzamento variava rispetto alla morfologia del versante e si articolava in diversi usi colturali che andavano dai cicli intensivi dei cereali, alle colture orticole, agli oliveti (fig. 18). Per la zona settentrionale molte aree più pianeggianti sulla sommità dei versanti erano dedicate ai pini che venivano piantati anche nelle aree non terrazzabili poiché troppo ripide. Il legname veniva fatto scivolare nel fiume dai versanti più scoscesi (dei veri scivoli naturali) convogliato in porti fluviali (fig. 19) e fatto navigare a valle verso la confluenza con il Fiume Tejo. Nel settore più meridionale della valle alla coltura del pino si alterna quella del castagno e nelle aree pianeggianti la quercia compare nei campi coltivati a cereali. La presenza dell'olivo invece resta una costante dell'intero settore analizzato. Questo paesaggio mediterraneo è stato arricchito e reso complesso da particolarità locali che hanno sfruttato i vari ambienti e substrati in modo specifico. I segni di tale sistema, per la maggior parte ormai sommerso dall'innalzamento delle acque dello Zêzere, compaiono nella cartografia pre diga attraverso indicazioni toponomastiche, della copertura vegetale e in alcuni documenti fotografici dei primi del secolo (fig. 20). La prima fase della ricerca si è dunque orientata nello studio della vegetazione in quanto testimone di gran parte degli elementi che definiscono il sistema e sono direttamente interessati dalle trasformazioni del paesaggio. Un primo scopo dell'analisi è mappare quantificare e capire le trasformazioni della copertura vegetale prendendo in esame tre fasi temporali dai primi anni quaranta ai giorni nostri:

Fase 1	Anni	'40 (prima della costruzione della diga);
Fase 2	Anni	'70 (durante il processo di riorganizzazione agraria);
Fase 3	2000	- 2001 (assetto attuali).

Attraverso lo strumento GIS si vuole mettere in luce le zone che mostrano continuità dell'assetto paesaggistico attraverso queste tre fasi e le zone che invece sono state fortemente modificate. L'analisi è concentrata nella fascia di 1 km di buffer lungo le attuali rive del fiume dal momento che per la fase tre sono disponibili informazioni accurate solo relativamente a questa zona (vedi paragrafo 4). L'attenzione è stata rivolta ai marker del paesaggio tradizionale che nell'ambito della vegetazione si identificano con l'olivo e con il pino.

Per la prima fase si sono utilizzate le fonti cartografiche prima descritte, dalle quali sono state estratte le informazioni sulla vegetazione dopo aver individuato i diversi modi di rappresentare la copertura vegetale relativamente alle specie e alla densità (fig. 21). Quest'ultima infatti viene espressa sotto forma di aree retinate nel caso di vegetazione fitta o come singoli simboli puntuali nel caso di vegetazione rada o campo arborato. L'acquisizione del tematismo è stata conforme a tale simbolismo (fig. 22). Altre informazioni relative alla toponomastica sono state acquisite in layer separati. Per quanto riguarda la seconda fase le informazioni sono state estratte dalla Carta Agricola e Florestal du Portugal acquisendo tutte le aree coltivate ad olivo sia nella forma intensiva che misto con altre colture. I dati relativi alla terza fase sono stati estratti dal tematismo della vegetazione precedentemente acquisito.

La disponibilità di tutte queste informazioni all'interno del GIS permette di verificare le trasformazioni del paesaggio ed in particolare identificare e mappare il cambiamento o la continuità della copertura vegetale dell'area in esame. Si è infatti proceduto a sviluppare operazioni di overlay e cross tabulation i cui risultati possono essere valutati sotto forma cartografica o quantitativa. In primo luogo sono stati incrociati i dati relativi alla presenza dell'olivo durante le tre fasi. Come si può osservare in figura (fig. 23) ci sono state trasformazioni. In particolare le aree intorno alle attuali sponde dello Zêzere non ospitano più i terrazzamenti a olivo con un progressivo abbandono dagli anni settanta ai giorni nostri. Il confronto con i dati della Carta Agricola e Florestal du Portugal e quelli derivati dalle ricognizioni odierne mette in luce che solo il 24% delle zone coltivate a olivo hanno mantenuto tale uso del suolo mentre il 31% è occupato da pinete e il 14% dall'Eucalipto. L'introduzione e la massiccia espansione di questa coltura, sicuramente aliena al paesaggio tradizionale, ha origini relativamente recenti ed effetti negativi sull'ambiente e la qualità del suolo (cfr. paragrafo 4). Le zone ad "olivera" che si trovavano nei pressi degli abitati sono state anche inglobate (22%) dalla crescita dei piccoli centri a volte trasformandole in giardino urbano. La stessa analisi delle trasformazioni è stata adottata per lo studio dell'evoluzione delle pinete la cui espansione ha interessato gran parte dell'area in esame. Tuttavia si può notare che solo una parte delle pinete occupa le zone tradizionali per prediligere aree un tempo coltivate per il sostentamento

adesso Firenze
diretto dei piccoli centri abitati. Tale fenomeno di espansione è stato recentemente contrastato dalla continua crescita delle coltivazioni dei boschi a Eucalipto che hanno costituito un forte cambiamento nel paesaggio.

In questo senso si sottolinea la grande trasformazione che ha avuto luogo dagli anni '40 ad oggi. Prima il paesaggio era caratterizzato da coltivazioni non intensive miste a bosco che occupava solo il 20% dell'area in esame adesso la situazione è molto diversa.

Tuttavia le coltivazioni dedicate all'olivo si trovano per un buon 70% in aree che sono state tradizionalmente occupate da questa coltura e che quindi meritano di essere individuate. Si tratta infatti di "oliveira" di una buona qualità storica, che probabilmente conserva i sistemi di coltivazione tradizionali. La mappatura di tali aree che possono costituire markers del paesaggio si rende funzionale ad una loro verifica di consistenza e di autenticità storica.

In questo senso lo studio svolto all'interno di un GIS rende i dati cartograficamente consultabili e quindi fruibili secondo diverse modalità che mettono in luce in modo flessibile le problematiche relative alle trasformazioni del paesaggio. La mappatura consente anche una facile individuazione dei sistemi o delle "isole" testimoni del paesaggio storico e rende l'informazione pronta per una eventuale classificazione delle aree da sottoporre a tutela.

Conclusioni

La fase di raccolta, acquisizione e normalizzazione delle diverse informazioni e il loro inserimento in un unico sistema in grado di gestirle ed analizzarle diviene di grande importanza per la comprensione dell'area di studio. L'uso di tali dati risulta avere una vasta e stimolante potenzialità di ricerca e costituisce inoltre un buon supporto informativo per le amministrazioni locali e per lo sviluppo di attività di monitoraggio nella Valle dello Zêzere.

Riferimenti Bibliografici

BOTÓN GARCIA F. (2000) Estudios Sedimentológicos. *Arkeos*, 9: 83-126.

CORRAL FERNANDEZ I. (1998) Depósitos Cuaternarios en el área de Constância-Barquinha-Entroncamento y la Riba. del Bezelga. *Arkeos*, 5: 59-144. 1 carta f.t.

CRUZ A. R. (1998), Arqsoft. Base de dados geo-referenciada do Alto Ribatejo, *Arkeos* 4.

CRUZ A.R., OOSTERBEEK L., PIZZIOLO G. (2000), "Arqsoft and GIS, an experience in the Nabao Valley", *Territorios, Mobilidade e Povoamento no Alto Ribatejo I. Industrias e ambientes*, *Arkeos*, 9: 181-202.

GILLINGS M., MATTINGLY D. AND VAN DALEN J. (eds) (1999), *Geographical Information*

Systems and Landscape Archaeology, Oxford.

MOZZI P. (1998) Evoluzione Geomorfologica della Bassa Valle del Fiume Nabão. *Arkeos*, 4: 37-58.

MOZZI P. (2000) Geomorphological and Geological investigations in the Zêzere and Nabão river basins (Ribatejo, Portugal). *Territorios, Mobilidade e Povoamento no Alto Ribatejo I. Industrias e ambientes*, *Arkeos*, 9: 127-142.

MOZZI P., RAPOSO L., CRUZ A.R., OOSTERBEEK L., PENA DOS REIS R. (1999) Morpho-stratigraphy of Quaternary deposits and the archaeological record: the case of the Tejo and Nabão valleys (Ribatejo, Portugal). *Arkeos*, 5: 63-84.

OOSTERBEEK L., CRUZ A.R., PENA DOS REIS R., BOTÓN GARCIA F., ALLUÉ E., MIGLIAVACCA M., MOZZI P. (2000) Novos dados crono-estratigráficos e paleo-ambientais do pleistoceno e do Holoceno no Alto Ribatejo. *Arkeos*, 9: 23-36.

PENA DOS REIS R. (1998) Estratigrafia e Controlos Depositionais dos Terraços Fluviais Quaternários, na região de Tomar-Entroncamento. *Arkeos*, 4: 21-35.

RIBEIRO O. (1991), Opusculos Geograficos, IV vol. O Mundo Rural, Lisboa.

RIBEIRO O. (1995),,, Opusculos Geograficos, VI vol. Estudos Regionais, Lisboa.

SERVIÇOS GEOLOGICOS DE PORTUGAL (1968) – Carta Geologica de Portugal, esc. 1:1.000.000. *Direcção-Geral de Minas e Serviços Geologicos*, Lisbon.

SERVIÇOS GEOLOGICOS DE PORTUGAL (1992) – Carta Geologica de Portugal, esc. 1:500.000. *Direcção-Geral de Minas e Serviços Geologicos*, Lisbon.

* Departamento de Gestão do Território, Instituto Politécnico de Tomar, www.ipt.pt/gt, Tomar, Portugal

** Dipartimento di Studi Storici e Geografici, Università degli Studi di Firenze



Fig 1 – Localizzazione dell'area di studio nel suo contesto geografico nazionale.

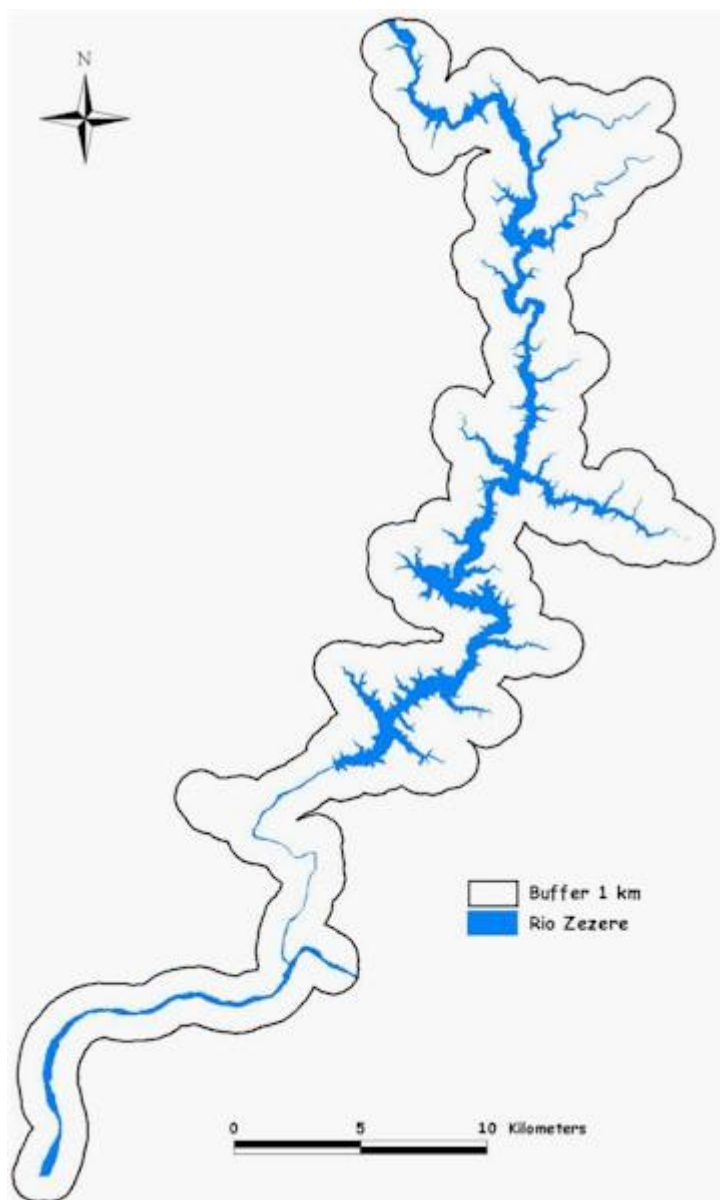


Fig. 2 – L'area di indagine intorno al fiume Zêzere

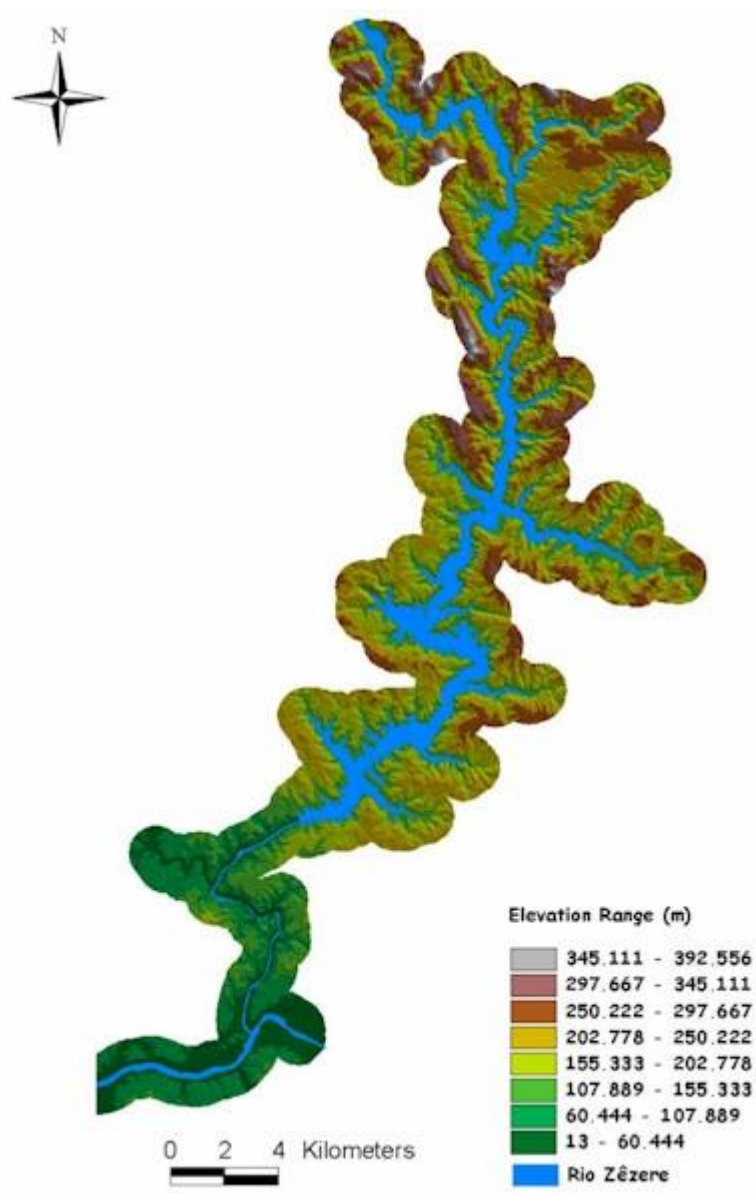


Fig. 3 - Il Modello Digitale del Terreno dell'area di studio.

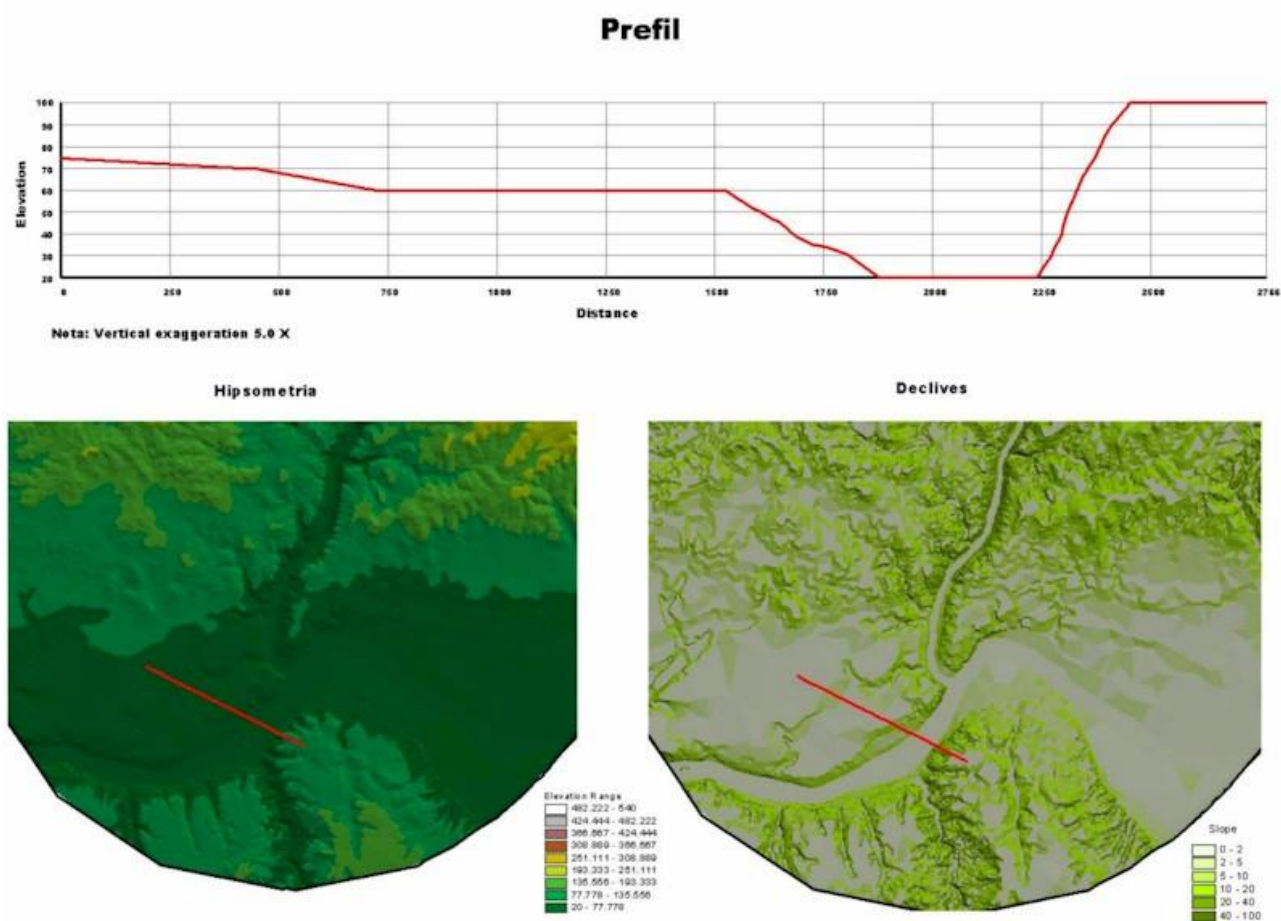


Fig. 4 – Elaborazioni del DEM: profili e carte delle pendenze.

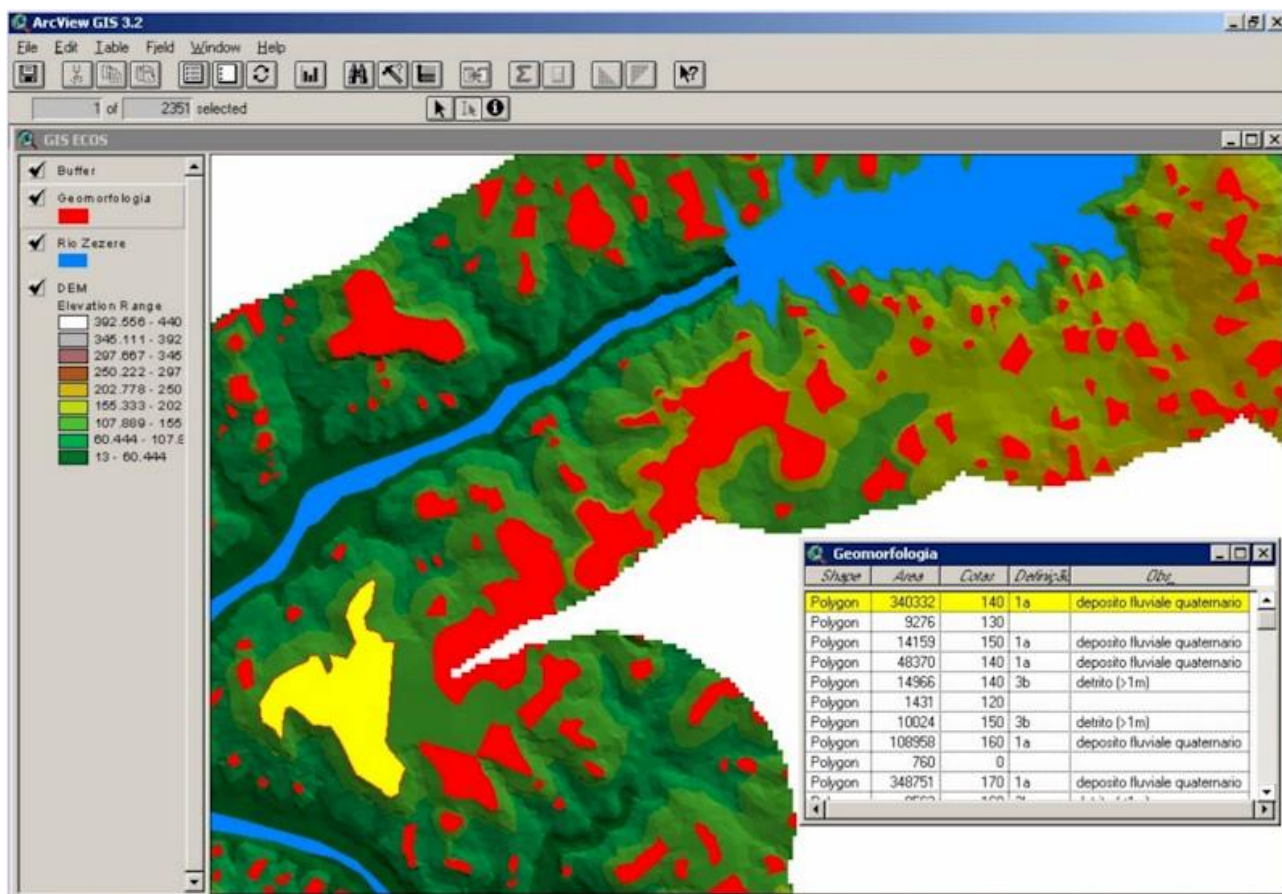


Fig. 5 – Studio geomorfologico della carta delle pendenze.

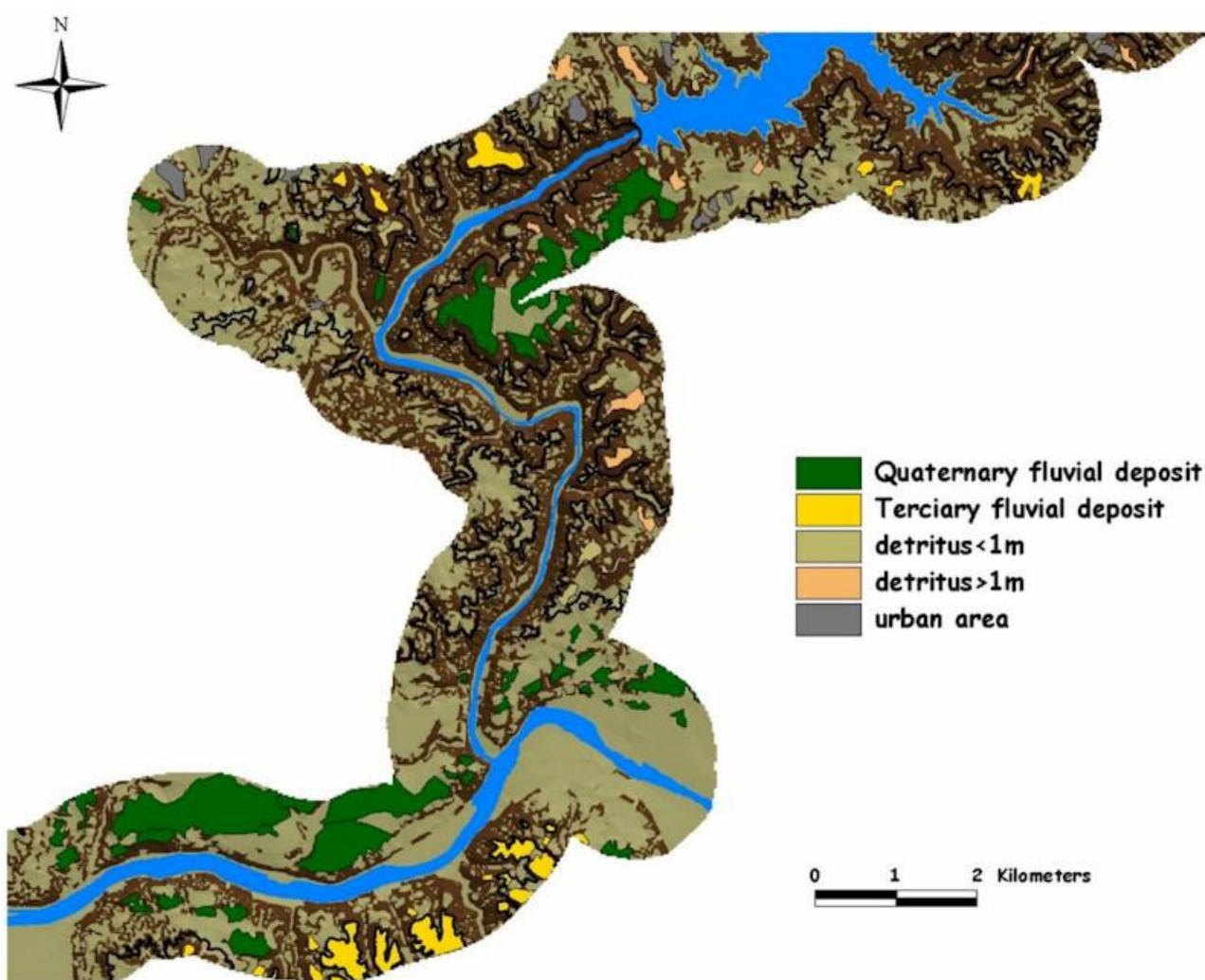


Fig 6. – Studio geomorfologico: un particolare dell'area di studio, il settore meridionale.

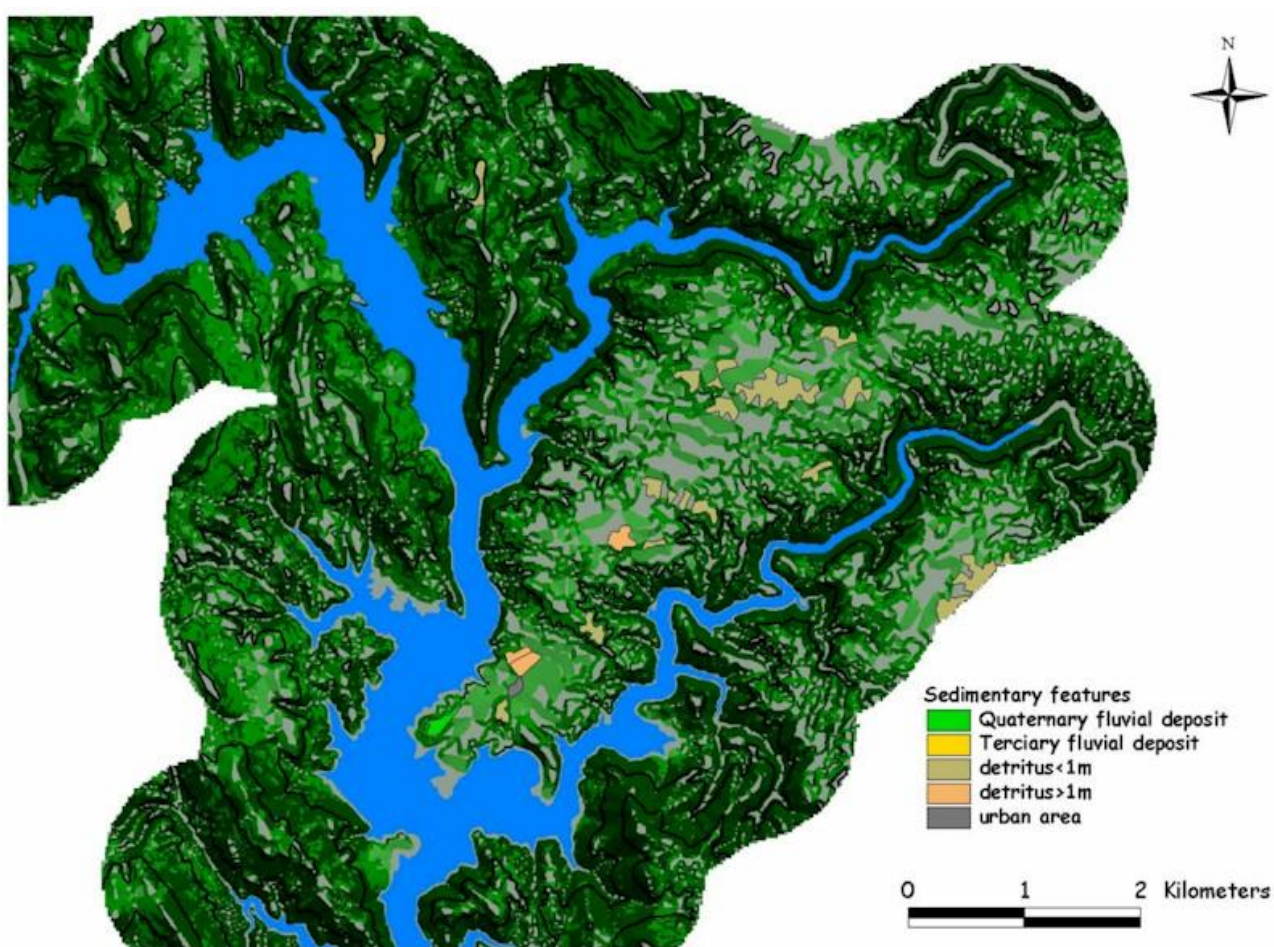


Fig. 7 - Studio geomorfologico: un particolare dell'area di studio, il settore settentrionale.

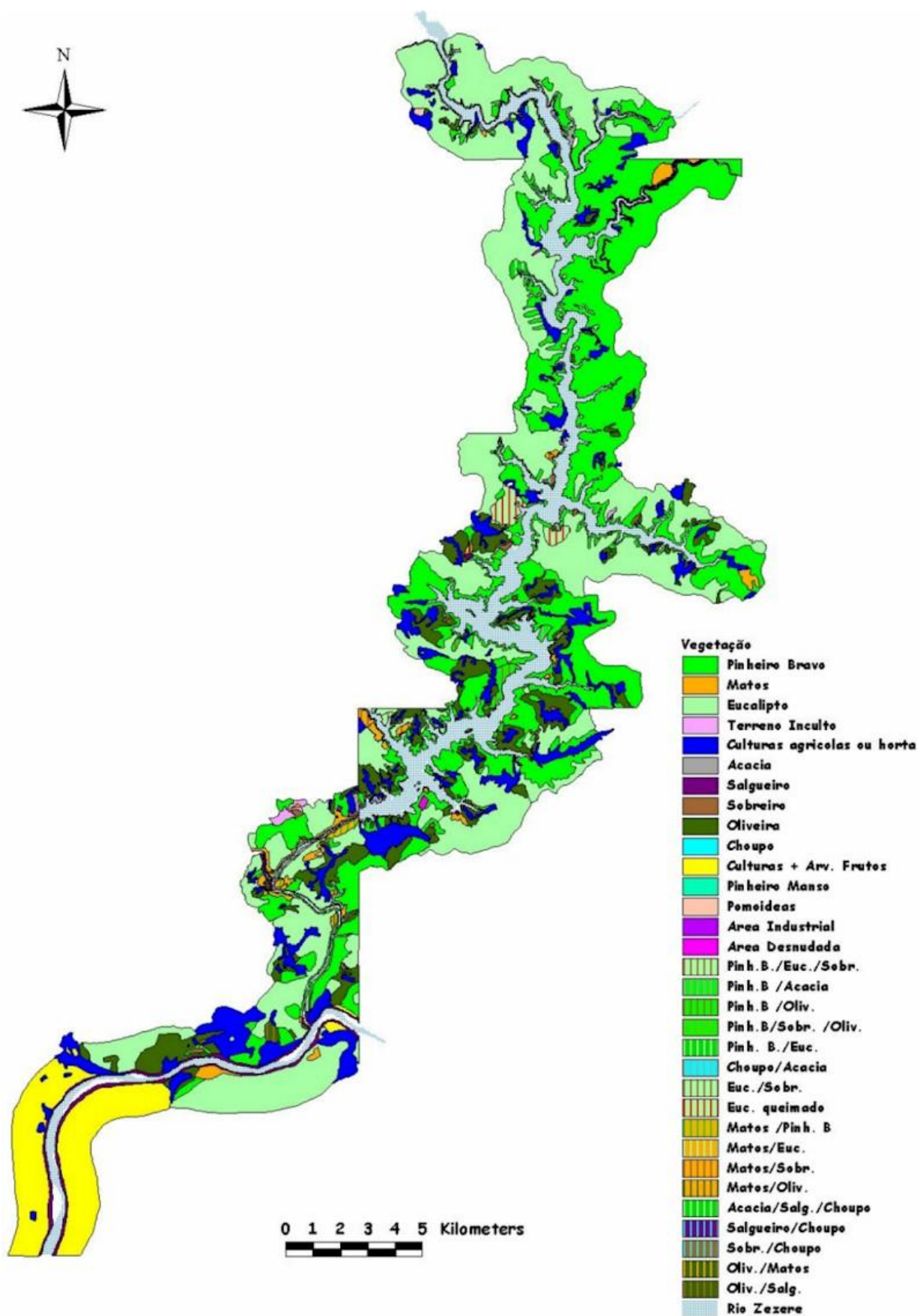


Fig. 8- La carta della vegetazione.

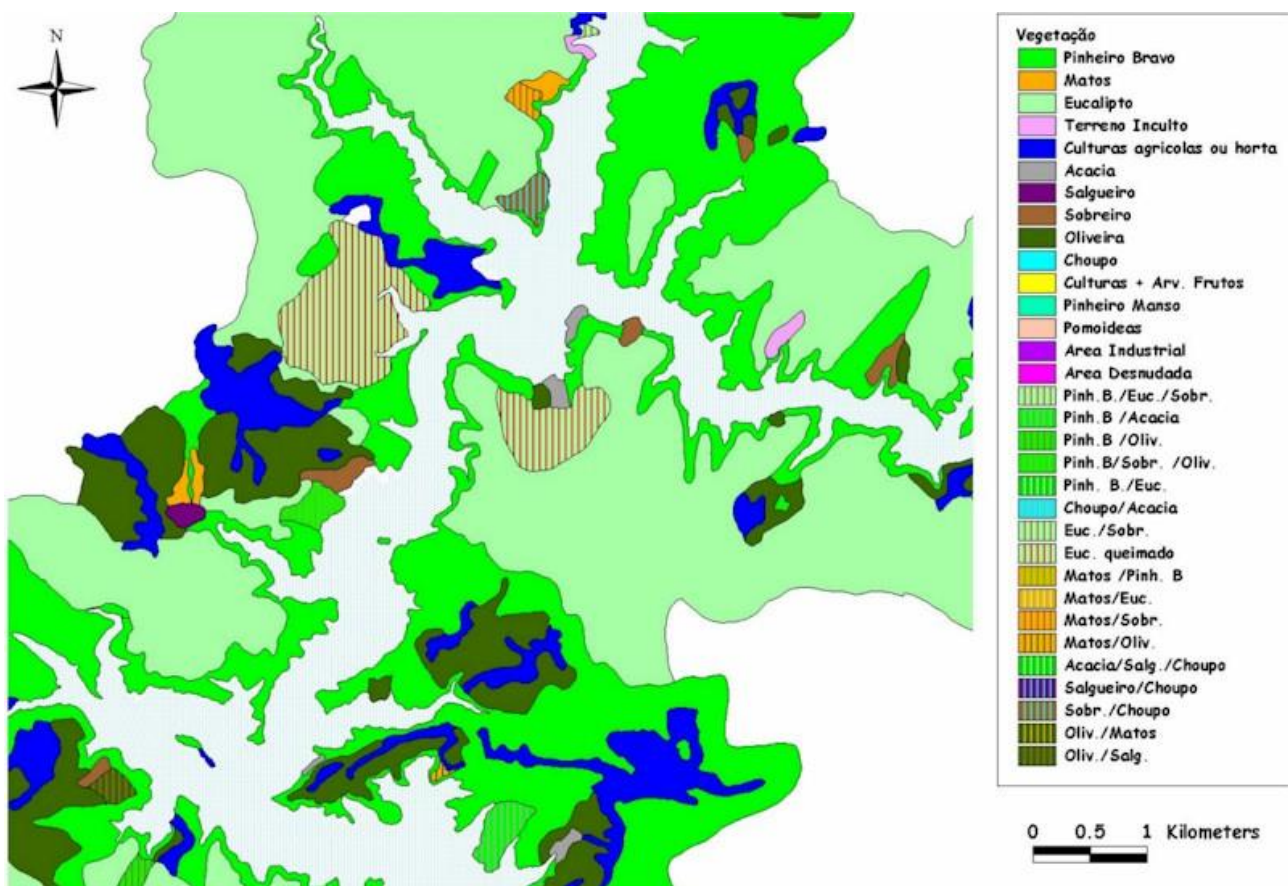


Fig. 9 - La carta della vegetazione: un particolare dell'area di studio, il settore centrale.

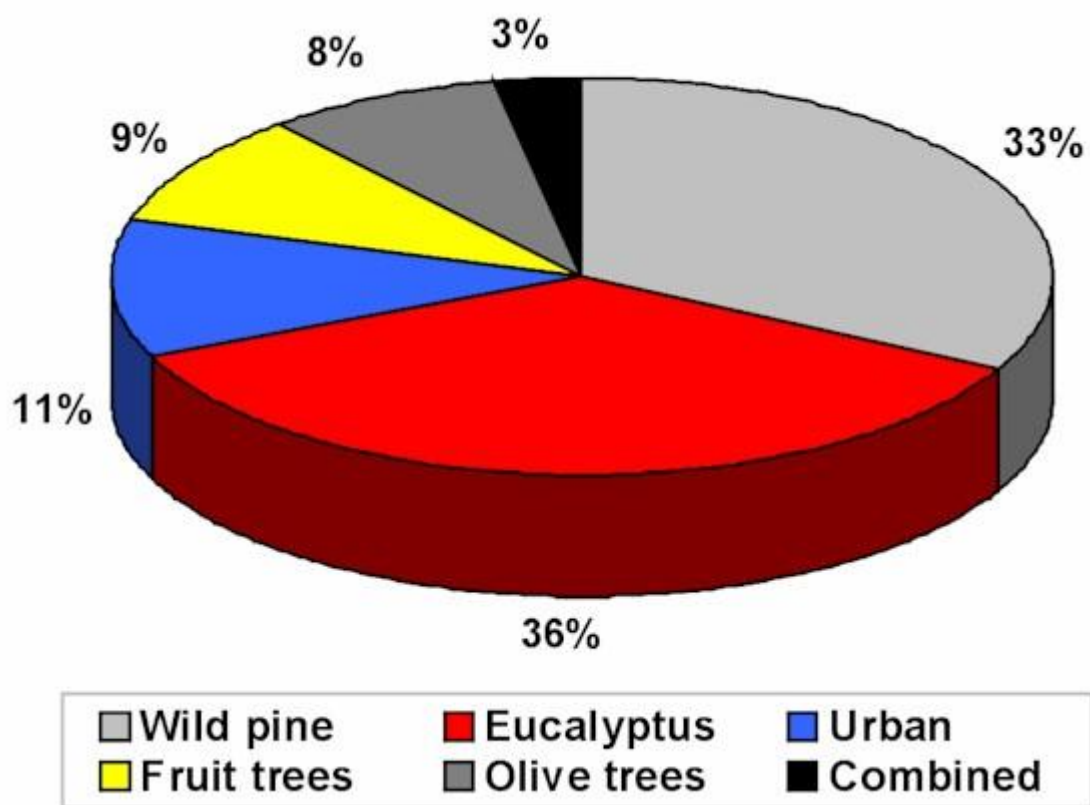


Fig. 10 – Studio sulla vegetazione: percentuali delle specie rappresentate.

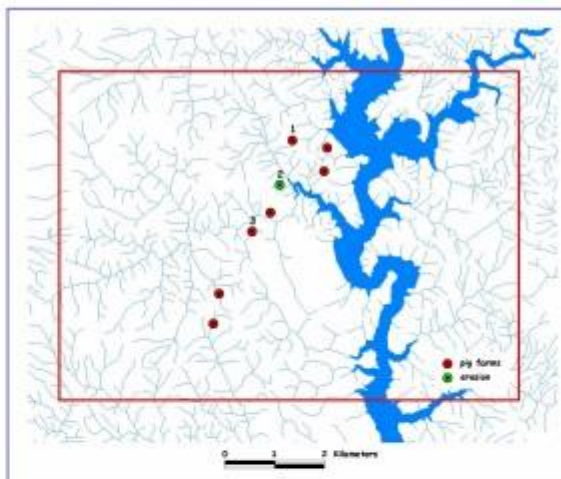


Fig. 11 – L'analisi ambientale: alcuni casi di studio.

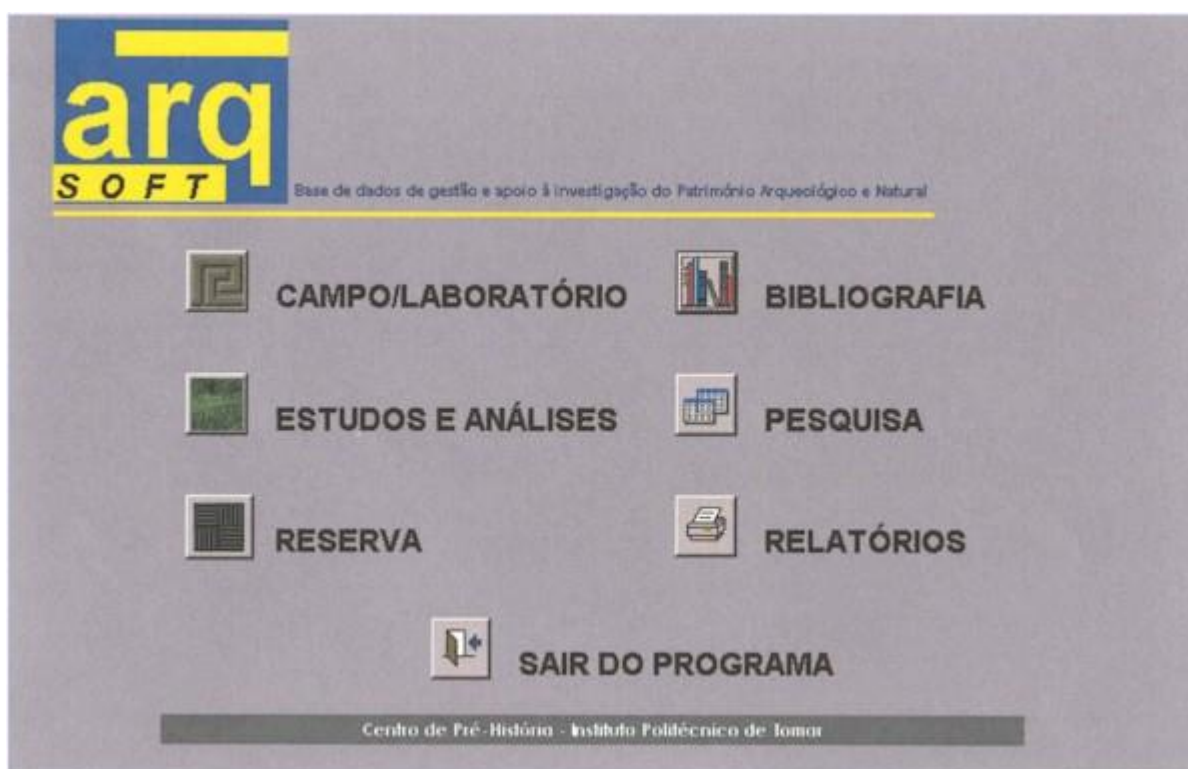


Fig. 12 – Il database ArqSoft: pagina d'apertura.



Fig. 13 – Il database EtnoSoft: pagina d'apertura.

SÍTIOS

NÚMERO DA ESTAÇÃO:
 PROVENIÊNCIA:
 SÍTIO:

INTERPRETAÇÃO:
 ATRIB. CRONOL:

RESPONSÁVEL PELO ACHADO:
 ANO:

RESPONS. PELA INTERV.:
 ANO:

ESCAVADA: ☐
 SONDADA: ☐
 PROSPECTADA: ☐
 CARTOGRAFADA: ☐

DURAÇÃO DA ESCAV.:
 N° COD. QUADRADOS:

ÁREA ESCAV.:

ÁREA DOS QUADRADOS:
 COBERTURA DO TERRENO:

EIXOS PRINCIPAIS DE ESCAV.:

TOPONÍMIA:
 MICRO-TOPONÍMIA:

ANÁLISES: ☐
 MEDIDAS DE CONSERVAÇÃO: ☐
 CLASSIFICAÇÃO: ☐

MATERIAIS:

DEP. MATERIAIS:

CONSERVAÇÃO DO SÍTIO:
 MEDIDAS A TOMAR:

LUGAR:
 FREGUESIA:

CONCELHO:
 DISTRITO:

ACESSOS:
 REGISTO NO IPPAR: ☐
 BIBLIOGRAFIA: ☐

Fig. 14 - Il database ArqSoft: maschera sui siti.

1

←

📷

FOTOGRAFIA

📐

DESENHO

MATERIAIS

PROVENIÊNCIA:

▼

Nº DA ESTRUTURA:

▼

Nº DE INVENTÁRIO:

TIPO:

▼

CATEGORIA:

▼

MATÉRIA-PRIMA

▼

DESCRIÇÃO:

ESTUDOS COMPLEMT:

▼

ATRIBUIÇÃO CRONOL:

▼

ANO:

0

NÍVEL ARTIFICIAL:

CAMADA:

QUADRADO:

X:

0

Y:

0

Z:

0

ORIENTAÇÃO:

INCLIN.:

COMPRIMENTO:

0

LARGURA:

0

ESPESSURA:

0

ALTURA:

0

DIÂMETRO:

0

ANÁLISES:

☐

CONSOLIDAÇÃO:

☐

RESTAURO:

☐

EXPOSIÇÃO:

☐

DEPOSITADO:

☐

MOLDAGEM/RÉPLICA:

☐

DESENHO:

☐

FOTO:

☐

AUTOR DA CLASSIFIC:

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

☐

RESP CATALOGAÇÃO:

OBSERVAÇÕES:

Fig. 15 - Il database ArqSoft: maschera sui materiali.

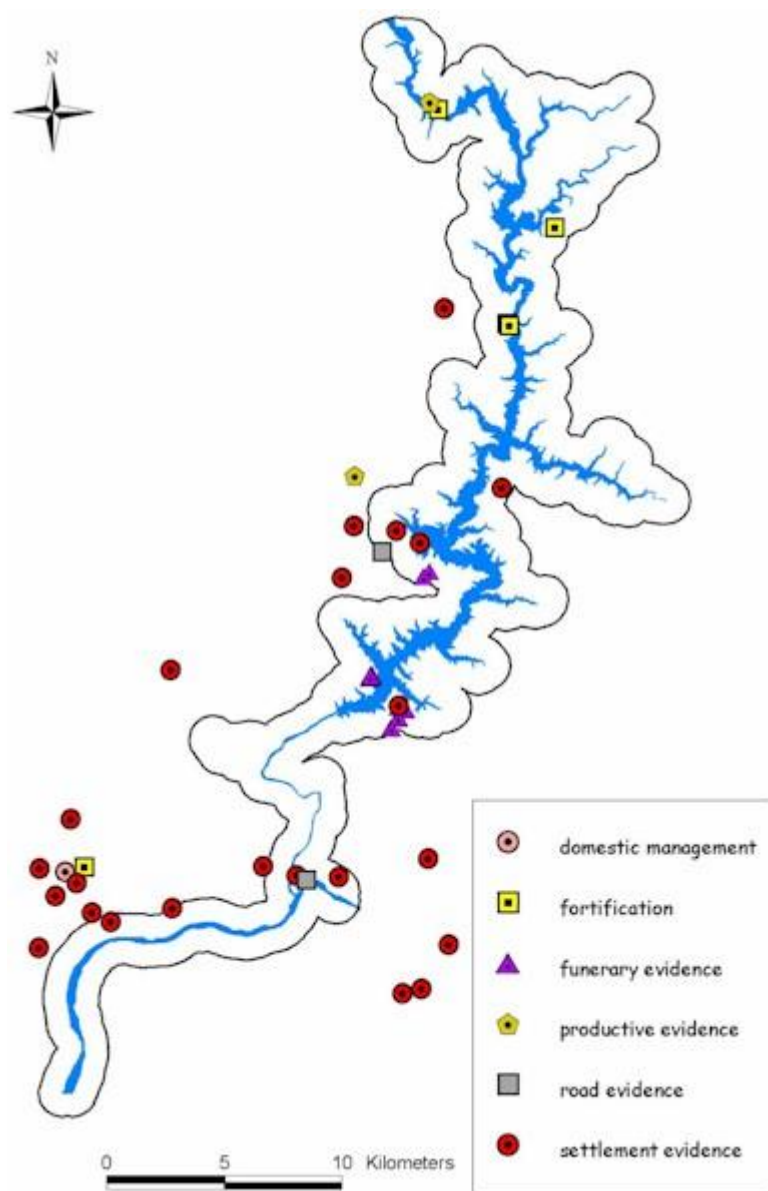


Fig. 16 – Distribuzione dei siti archeologici nell'area di studio.

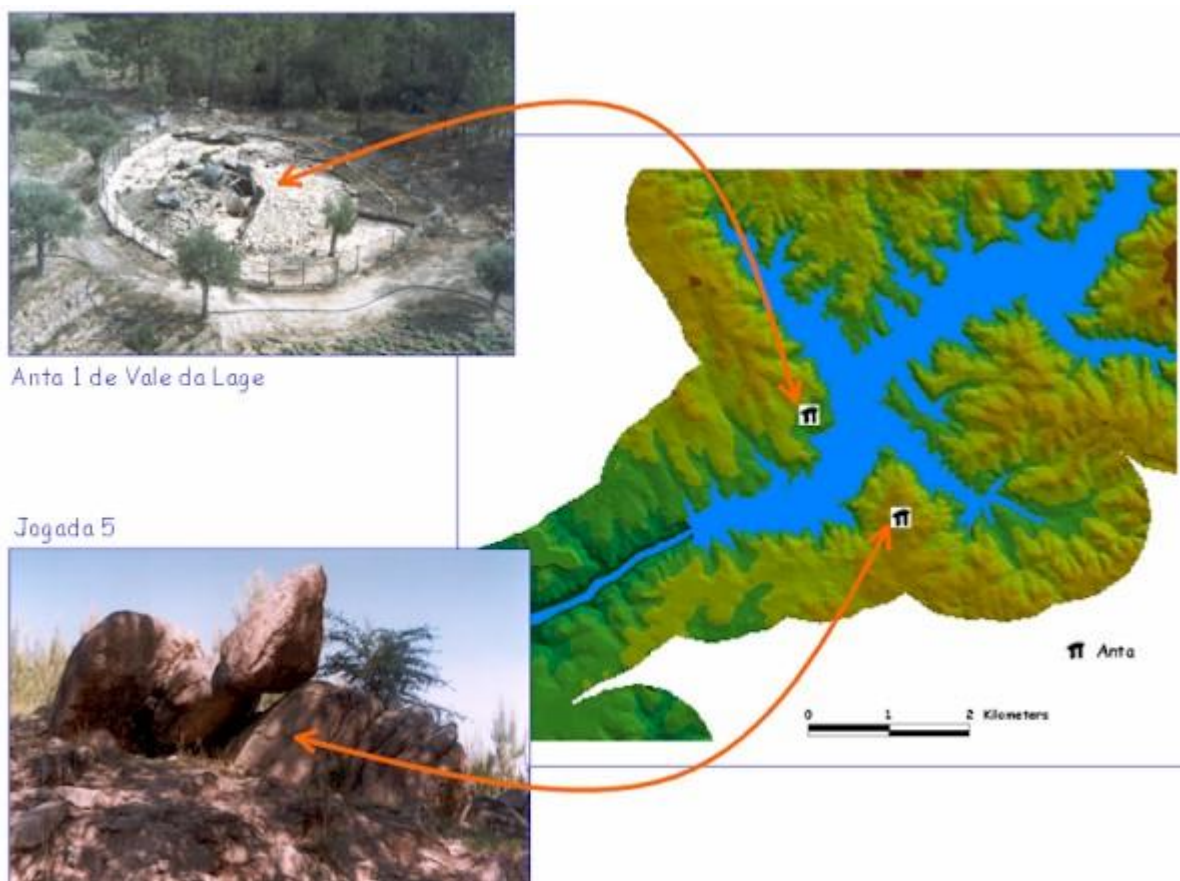


Fig. 17 – Due siti funerari del settore meridionale dell'area di studio



Fig 18 – Testimonianze di terrazzamenti presso il fiume.



Fig. 19 – Il villaggio di Dornes nel settore settentrionale dell'area di studio.

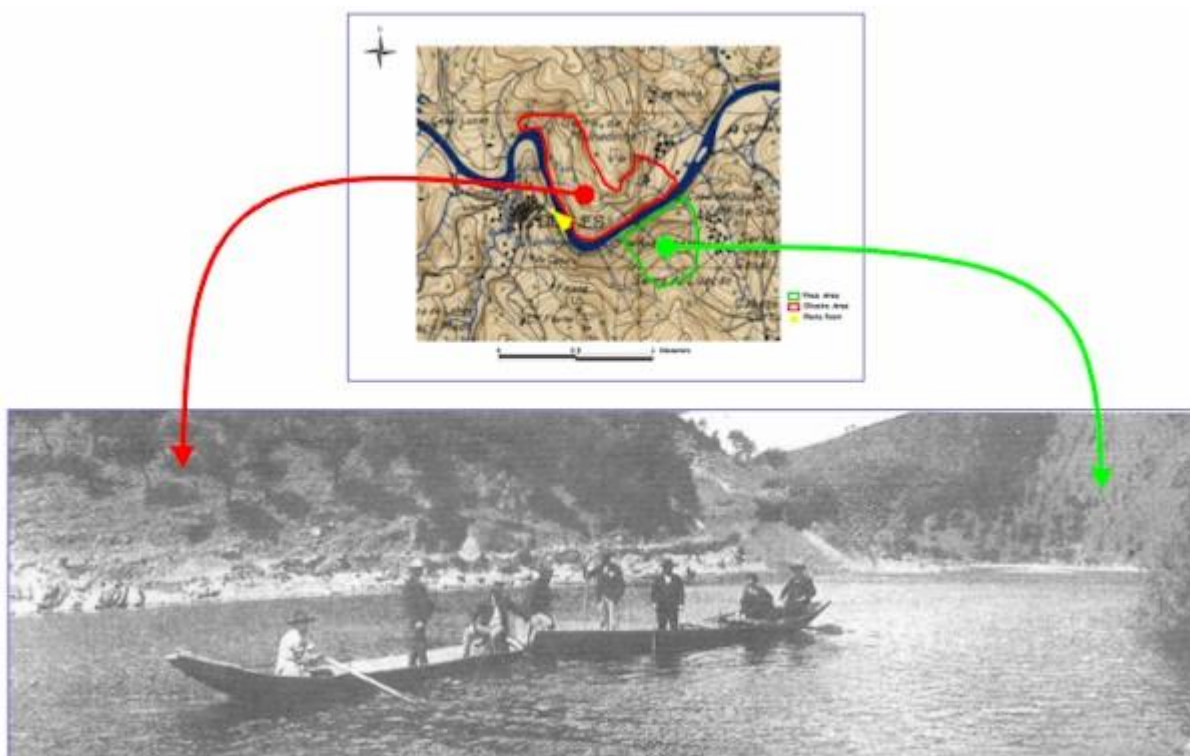


Fig. 20 – Confronto tra cartografia storica e fotografie storiche dell'area di Dornes.

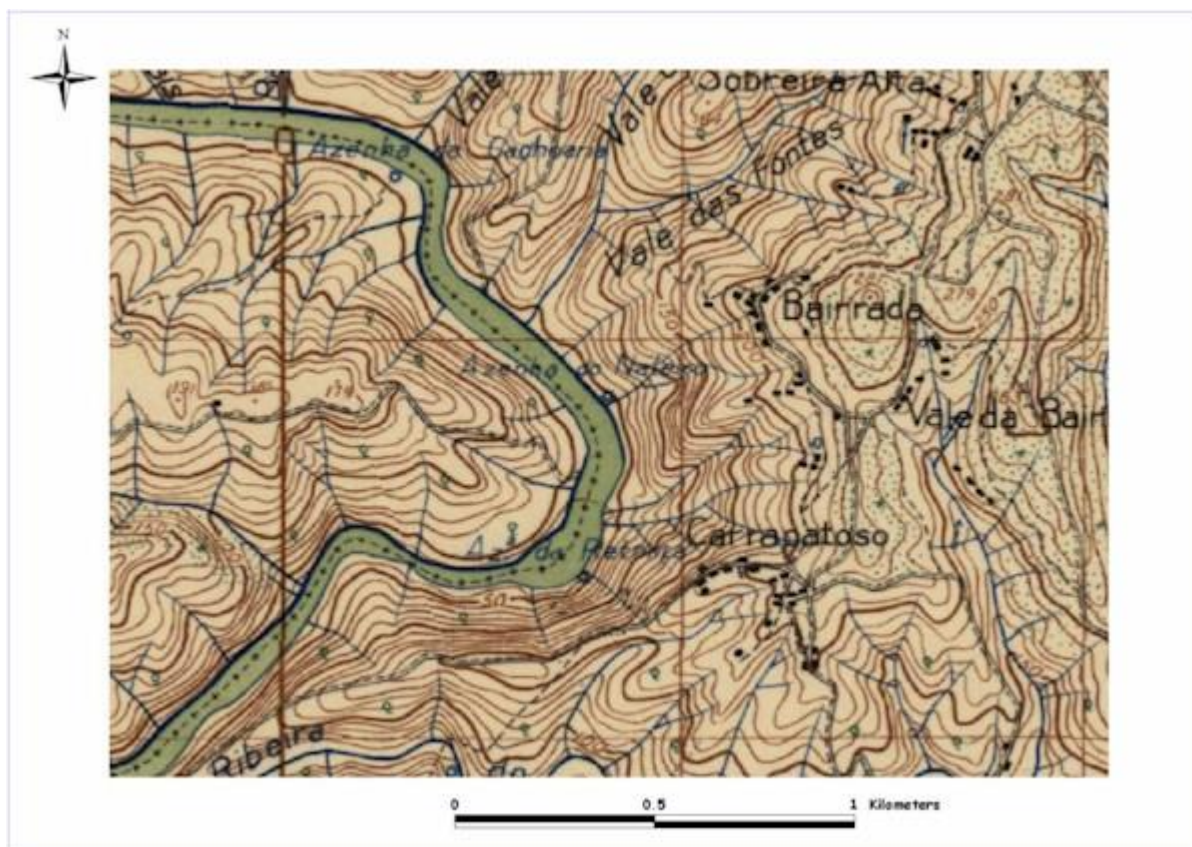


Fig. 21 – Particolare della Carta Topografica Militare (1:25000) degli anni Quaranta.

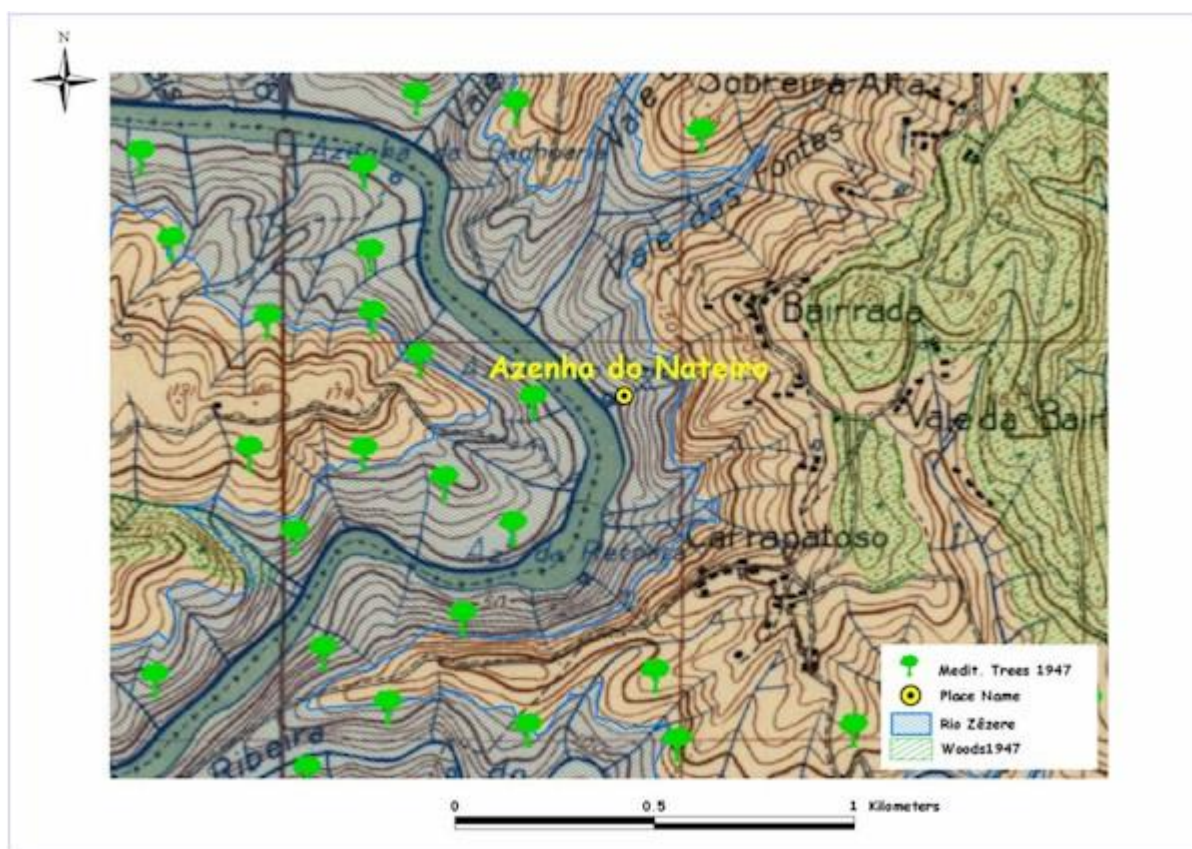


Fig. 22 – Vettorializzazione dei tematismi estratti dalla Carta Topografica Militare (1:25000) degli anni Quaranta.

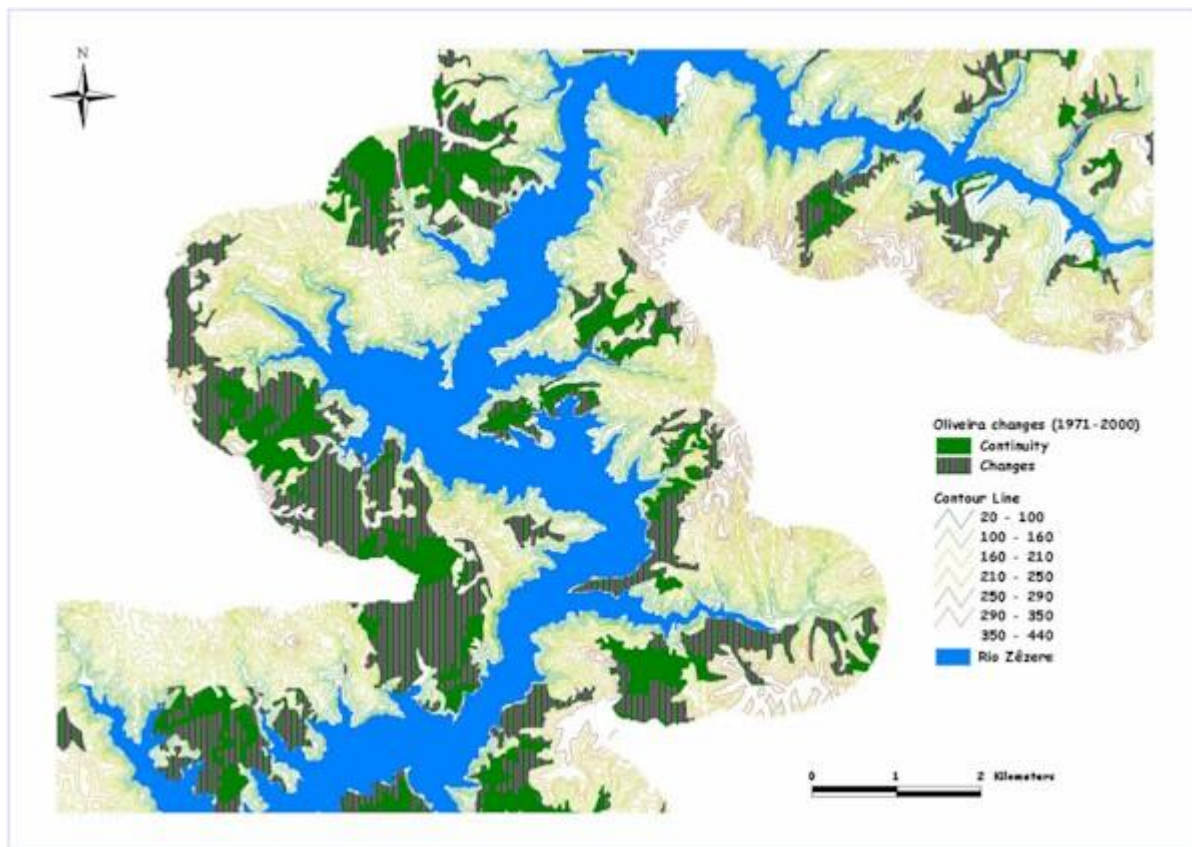


Fig. 23 – Continuità e cambiamento nella distribuzione della coltura dell'Olivo dal 1971 al 2000. Un particolare del settore centrale.

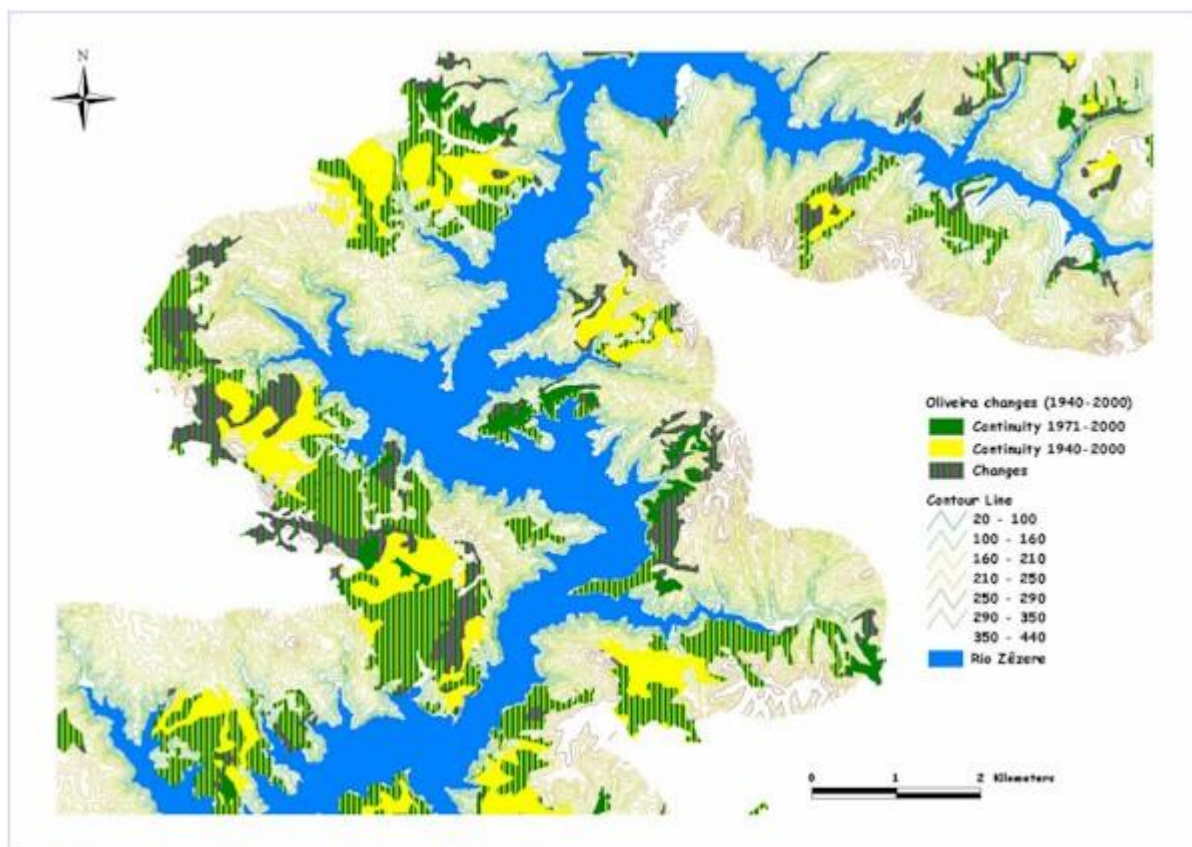


Fig. 24 - Continuità e cambiamento nella distribuzione della coltura dell'Olivo dal 1940 al 2000. Un particolare del settore centrale.