

# **Contribuição do Modelo Digital de Terreno na Produção Agrícola**

*Albertina Maria Gomes Ferreira  
Anabela Dias Ramalho Vale Leitão Grifo*

---

*Declara-se para os devidos efeitos que o presente artigo nunca foi previamente  
publicado*

# Contribuição do Modelo Digital de Terreno na Produção Agrícola

Albertina Ferreira <sup>1,2</sup>, Anabela Grifo <sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciências Agrárias e Ambiente – Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Santarém,

<sup>2</sup> Centro Interdisciplinar de História, Culturas e Sociedades da Universidade de Évora – CIDEHUS,

<sup>3</sup> Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrâneas-ICAAM, Universidade de Évora.

\* Corresponding author: telephone nº: +351 243 307 378, fax nº: +351 243 307 301,

[albertina.ferreira@esa.ipsantarem.pt](mailto:albertina.ferreira@esa.ipsantarem.pt)

## RESUMO

Os Sistemas de Informação Geográfica são uma ferramenta essencial na abordagem a diversas operações de análise, cujos resultados permitem questionar as escolhas culturais num determinado espaço agrícola. A manipulação e análise de qualquer entidade, com posicionamento geográfico bem definido, permitirão a construção de superfícies que serão fundamentais no cruzamento da informação. A interpretação das análises realizadas potenciará o conhecimento, permitindo tomadas de decisão mais conscientes e ponderadas.

O objetivo deste trabalho é contribuir para o sucesso da implementação das culturas, demonstrando que o facto de se seleccionar um conjunto de fatores (relevo, declive e exposição) pode condicionar ou influenciar positivamente a produtividade e a gestão de uma cultura.

Para atingir este objetivo, foram geradas para a parcela agrícola estudada, superfícies como o modelo digital do terreno, cartas de declives e de exposições através das ferramentas disponíveis no *software* ArcGIS™.

Como resultados, obtiveram-se mapas que mostraram as zonas que cumpriram os requisitos identificados como primordiais na instalação de uma cultura.

**Palavras-chave:** declive, exposição, modelo digital de terreno

## **ABSTRACT**

The Geographic Information Systems are an essential tool in the analysis of the various operations whose results allow us to question the cultural choices in a given agricultural space. Manipulation and analysis of any entity with well-defined geographical positioning allow the construction of surfaces that will be critical at the intersection of information. The interpretation of the different analyzes will enhance our knowledge and it will enable us to make more conscious and considered decisions.

The objective of this work is to contribute to the successful implementation of cultures, demonstrating how to select a set of factors (digital terrain model, slope, and aspect) that determine or influence positively the productivity and management of a culture.

To achieve this goal we generated surfaces as the digital terrain model, slope and aspect maps, for the studied field, through the tools available on ArcGIS™ software.

So we obtained maps showing areas that met the requirements identified as essential in the crops implementation.

**Keywords:** slope, aspect, digital terrain model

## **1. INTRODUÇÃO**

Nos tempos mais recentes, os empresários agrícolas passaram a ter acesso a um conjunto de tecnologias que permitem georreferenciar, analisar, tratar e armazenar informação de forma expedita e em tempo útil. Por isso, os trabalhos de investigação que utilizam sistemas de informação geográfica (SIG) são realizados em diversas áreas de estudo: gestão de bacias hidrográficas (e. g. Rao e Kumar, 2004); fertilização (e.g. Serrano *et al.*, 2013); relevo (e.g. Kravchenko e Bullock, 2000); produtividade (e.g. Grifo e Marques da Silva, 2013);

propriedades do solo (e. g. Ping *et al.*, 2007); condutividade elétrica aparente do solo (Aimrun *et al.*, 2009), entre outras.

A associação e conexão entre os diversos atributos do terreno, dados meteorológicos, fatores de produção e propriedades do solo têm encorajado o uso dos SIG para identificar e diferenciar áreas com diferentes potenciais dentro da parcela agrícola (Aimrun *et al.*, 2009).

A aplicação de técnicas de análise espacial a dados agrícolas georreferenciados possibilita aos utilizadores identificar, analisar e corrigir dificuldades no campo agrícola, bem como instaurar ou reestruturar projetos, identificando as áreas que possuem maiores benefícios.

Os modelos digitais do terreno (MDT) permitem representar a superfície terrestre. Podem ser obtidos construindo uma estrutura matricial ou uma estrutura vetorial através de uma rede irregular de triângulos (TIN). A primeira estrutura é representada por uma grelha de células com forma regular e um valor de altitude associado. A segunda estrutura é constituída por uma rede de triângulos adjacentes e não sobrepostos, de diferentes tamanhos e orientações. Ambas as opções são viáveis, tendo o TIN mais potencial em estudos analíticos e a estrutura matricial bastante interesse em termos de análise (Zeiler, 2010). Uma variedade de mapas temáticos pode ser gerada a partir do MDT, tais como o declive e a exposição.

Estudos de Macedo *et al.* (2003) salientam que a existência de inconsistências geomorfológicas e um enorme volume de dados podem ser dois inconvenientes quando o MDT é gerado a partir de curvas de nível ou pontos altimétricos, como é prática comum. Estes autores propõem a criação do MDT a partir de mapas digitais 3D, com uma diminuição da quantidade de dados amostrais, principalmente com uma maior equidistância vertical entre as curvas de nível.

Diversos estudos mostram que diferentes atributos topográficos do terreno modelados a partir do MDT, como são o declive, exposição, área de drenagem, direção do fluxo de água, podem ser utilizados para delinear zonas diferenciadas de gestão agrícola, condições de humidade do solo, erosão, entre outros (Kravchenko e Bullock, 2000; Marques da Silva e Silva, 2008; Kumhálová, 2011).

Os objetivos deste artigo são: i) descrever os principais procedimentos de análises que habitualmente são efetuados sobre os modelos digitais de terreno; ii) verificar a utilidade das técnicas de análise espacial na instauração ou reestruturação de projetos, identificando as áreas que possuem maiores potencialidades, segundo as exigências pré-estabelecidas.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na secção 2 apresenta-se o material e os métodos, onde se menciona: i) os dados utilizados, e ii) procedimentos e análise. Na secção 3 apresenta-se os resultados e discussão. Finalmente, na secção 4 elaboram-se as principais conclusões deste estudo.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi desenvolvido numa parcela agrícola localizada no concelho de Santarém (Fig.1), região do Ribatejo (Lat: 39.322478; Long: -8.636357). De acordo com a classificação de Köppen, o clima na região é do tipo Csa (clima temperado com Inverno chuvoso e Verão seco e quente). A topografia do terreno é caracterizada por ser ondulada, com declive médio de 8,5%, mas acentuado em algumas zonas.

O trabalho desenvolvido utilizou como informação base pontos cotados obtidos através de um levantamento topográfico, efetuado com um sistema de posicionamento global Trimble RTK/PP – 4700.



**Figura 1 – Área de estudo.**

Como pressuposto inicial, assumiu-se a intenção de implementar uma cultura cuja produtividade depende de duas condições: exposição a Este, Sudeste ou Sul; declive inferior a 3%. Por um lado, pretende-se obter as parcelas que respeitam cada uma destas condições, e por outro, quais as que cumprem as 2 condições estipuladas. Para atingir estes objetivos seguiu-se dois tipos de abordagens, consoante o tratamento realizado nos dados iniciais, de modo a obter o MDT que serve de base a todo o estudo. Na primeira abordagem aplicou-se uma interpolação utilizando o método *Spline*, criando uma estrutura matricial. A segunda, através da criação de um TIN, originou uma estrutura vetorial.

Todo o ensaio foi desenvolvido utilizando a aplicação ArcGIS™. Foram utilizadas muitas das ferramentas e potencialidades disponíveis no *software*, nomeadamente ao nível da simbologia e da construção de *layouts*, mas apenas se destacam, no Quadro 1, as extensões usadas, e respetivas ferramentas. Algumas ferramentas encontram-se presentes nas duas extensões, por ser possível fazer a mesma operação independentemente da extensão ativa (ESRI, 2001; ESRI, 2009)

Quadro 1 – Extensões e ferramentas utilizadas.

EXTENSÃO	FERRAMENTA
<b>3D Analyst</b>	Create/Modify TIN – Create TIN From Features Interpolate to Raster – Spline Surface Analysis – Slope Surface Analysis – Aspect Reclassify
<b>Spatial Analyst</b>	Interpolate to Raster – Spline Surface Analysis – Slope Surface Analysis – Aspect Reclassify Raster Calculator

Na Figura 2, visualiza-se esquematicamente os *inputs* e *outputs* das operações realizadas através das ferramentas disponíveis no ArcGis™ (ESRI, 2001; ESRI, 2009), partindo de dois tipos de MDT, um com estrutura matricial (MDT\_m) e o outro com estrutura vetorial (MDT\_v). A notação utilizada nesta Figura foi adaptada de MATOS (2008).

A todas as superfícies produzidas em formato matricial foi atribuído 1m como resolução da célula.

A partir de cada um dos MDT, foram criadas novas superfícies que representam o declive (Declive\_m; Declive\_v) e as exposições (Exposição\_m; Exposição\_v). Estas foram posteriormente reclassificadas (Declive\_Rec\_m; Declive\_Rec\_v; Exposição\_Rec\_m; Exposição\_Rec\_v).



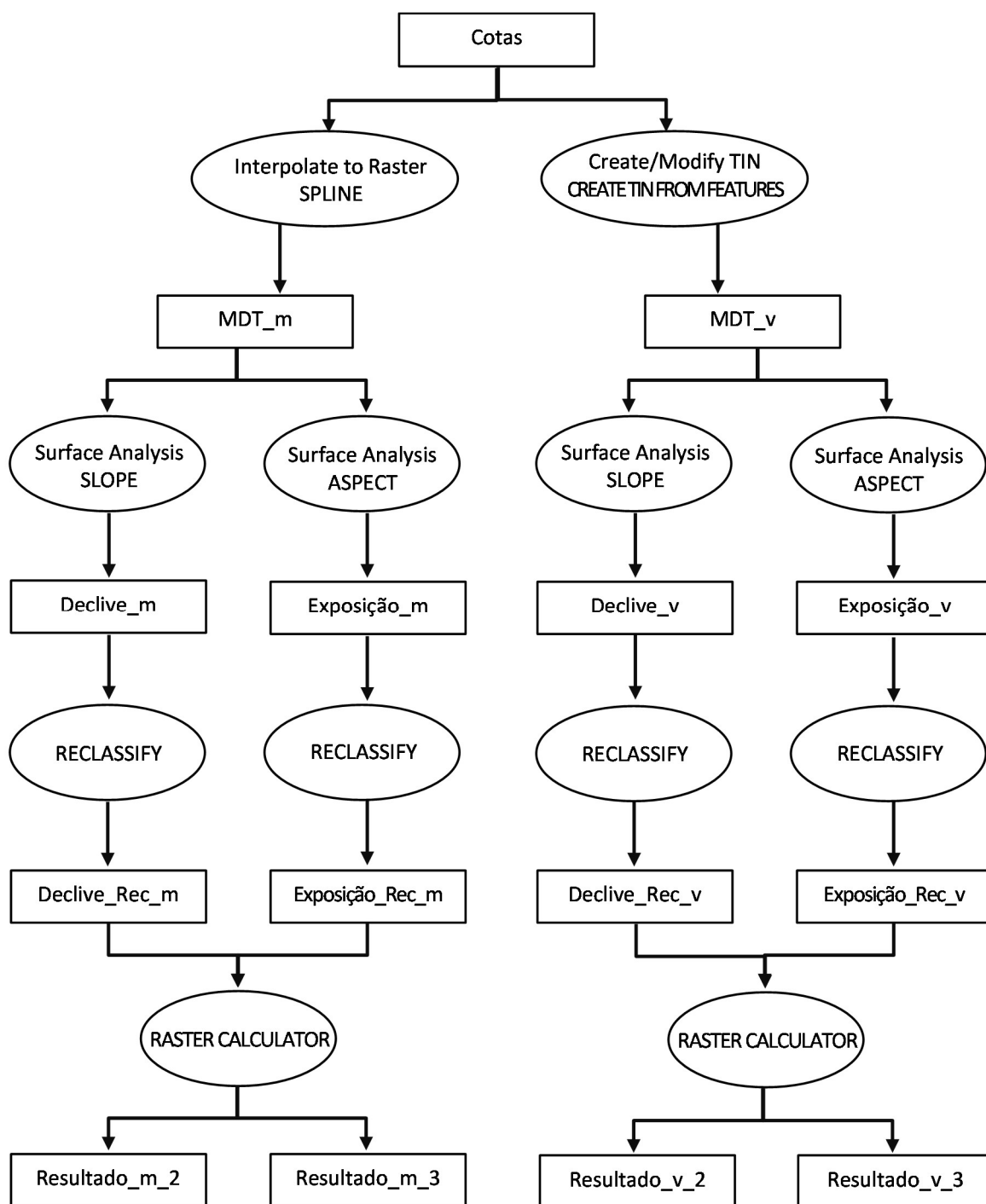


Figura 2 – Inputs, outputs das operações realizadas no ArcGis™ (2009).

Nas diversas reclassificações criaram-se manualmente os valores de quebra (excepto o limite superior). Relativamente à exposição, a escolha dos valores resultou destes serem os limites para as exposições que se encontram, ou não, a Este, Sudeste ou Sul (Quadro 2).

Quadro 2 – Valores de quebra por reclassificação.

SUPERFÍCIE RECLASSIFICADA	VALORES DE QUEBRA	
	Input MDT matricial	Input MDT vetorial
Exposição *	67,50	67,50
	202,50	202,50
	359,99	356,80
Declive (%)	3	3
	44,11	44,53

\* Este (67,5-112,5); Sudeste (112,5-157,5); Sul (157,5-202,5)

As superfícies reclassificadas foram combinadas algebricamente através da ferramenta *Raster Calculator*. Foram produzidas duas novas superfícies, aplicando as expressões:

**A)** *Exposição a Este, Sudeste ou Sul + Declive Inferior a 3*

**B)** *(Exposição a Este, Sudeste ou Sul + Declive Inferior a 3)/2*

No caso da situação A, obtiveram-se superfícies com três tipos de regiões (Resultado\_m\_3; Resultado\_v\_3), consoante cumpram 0, 1, ou 2 das condições impostas. Na situação B, apenas é possível distinguir nas superfícies (Resultado\_m\_2; Resultado\_v\_2) dois tipos de regiões: as que cumprem todas as condições e as que não cumprem.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As ferramentas disponíveis no ArcGis™ (2009) possibilitaram obter as regiões que satisfazem as condições originalmente impostas.

Após o cruzamento das superfícies criadas obtiveram-se as áreas mais adequadas à implementação pretendida.

A base deste estudo assenta em dois tipos de estruturas distintas: matricial e vetorial. Deste modo os resultados serão referidos consoante o MDT criado. Apresenta-se na Figura 3 o MDT obtido pela construção de uma estrutura matricial e na Figura 4 a mesma área representada por uma estrutura vetorial.

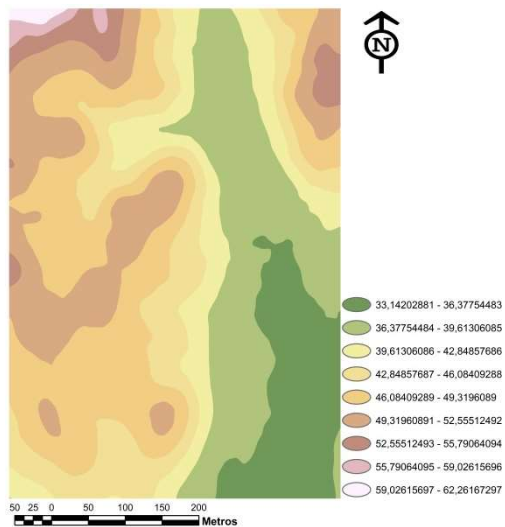


Figura 3 – MDT em estrutura matricial.

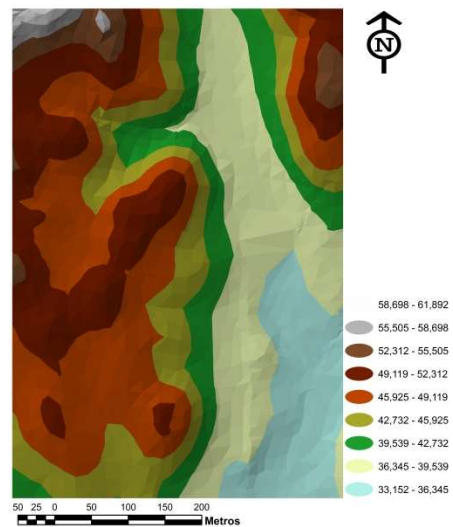


Figura 4 – MDT em estrutura vetorial.

Tendo como base a utilização de algoritmos distintos para a construção das superfícies observadas nas Figuras 3 e 4, constata-se que a amplitude global dos dados resultantes foi ligeiramente diferente, embora visualmente se possam considerar as áreas semelhantes. Na Figura 3, esta amplitude foi de 29,12m e na Figura 4, de 28,74m.

A partir dos MDT criados (Figs. 3 e 4), produziram-se as superfícies que podem ser consultadas nas Figuras 5, 6, 7 e 8 e que representam respetivamente as cartas de exposições e de declives da área em estudo.

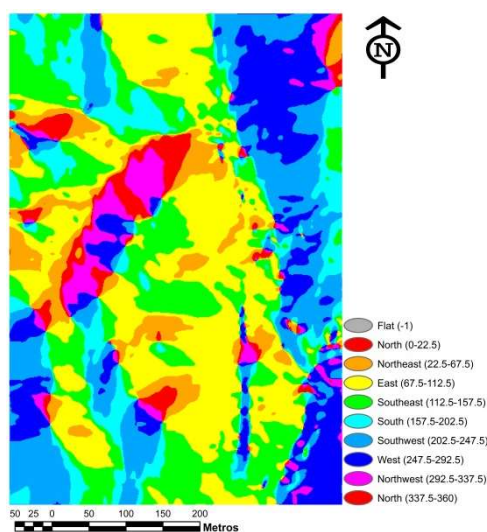


Figura 5 – Exposições resultantes do MDT matricial.

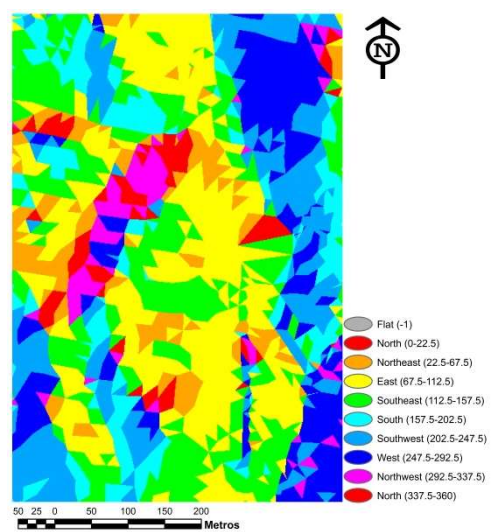


Figura 6 – Exposições resultantes do MDT vetorial.

Tendo em conta apenas a exposição, foi possível observar que a área com exposição Norte foi bastante pequena relativamente às áreas das restantes exposições, nos dois tipos de algoritmos.

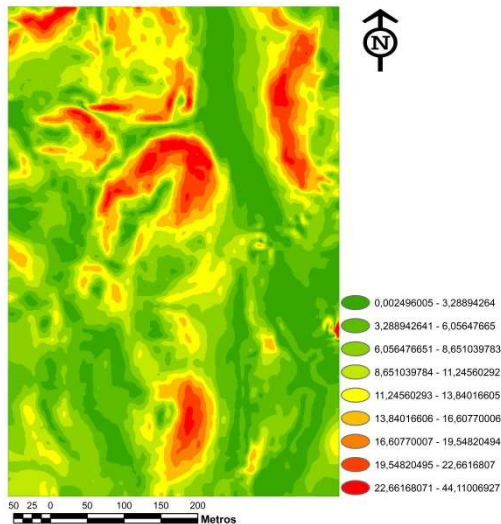


Figura 7 – Declive resultante do MDT matricial.

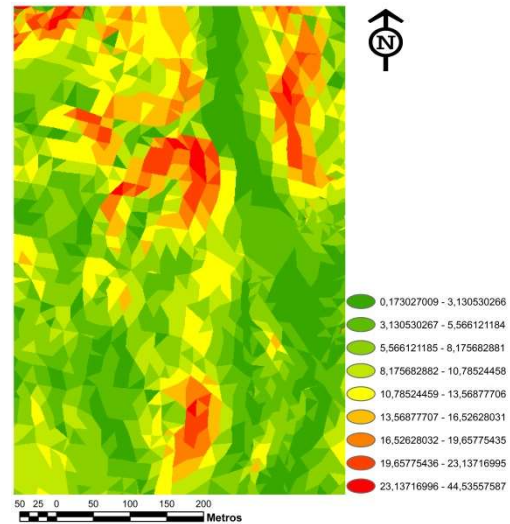


Figura 8 – Declive resultante do MDT vetorial.

O gráfico representado na Figura 9 permite comparar as duas cartas de declives em termos de área que ocorreu em cada classe de declive. Independentemente do *input* utilizado, o declive que ocorreu mais vezes foi entre 5% e 10%, seguido do declive inferior a 5%. Observou-se também que em 99,72% das áreas ocorreu um declive inferior a 25%.

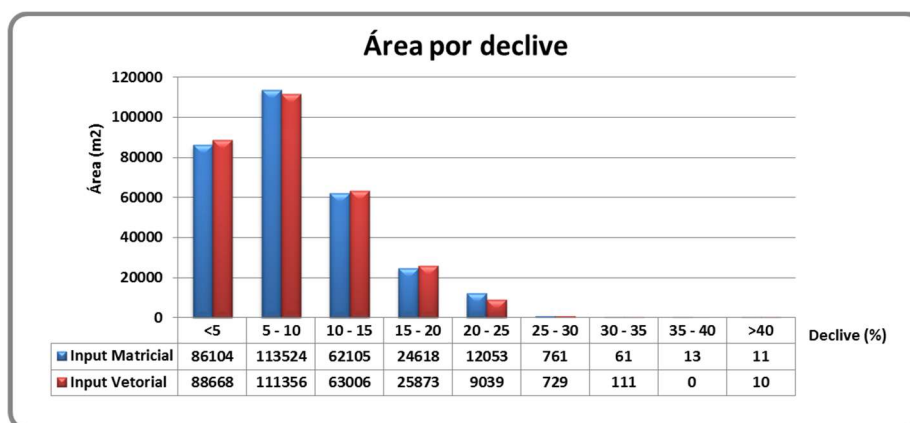
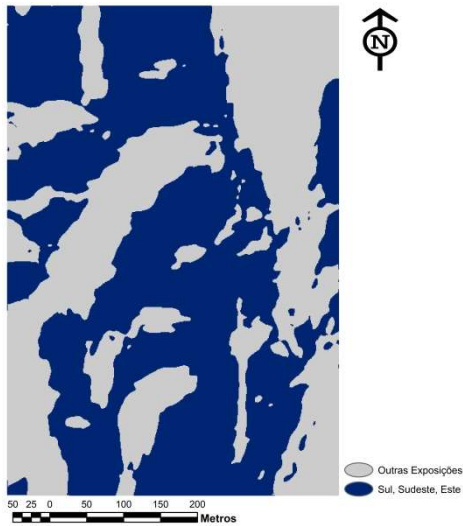
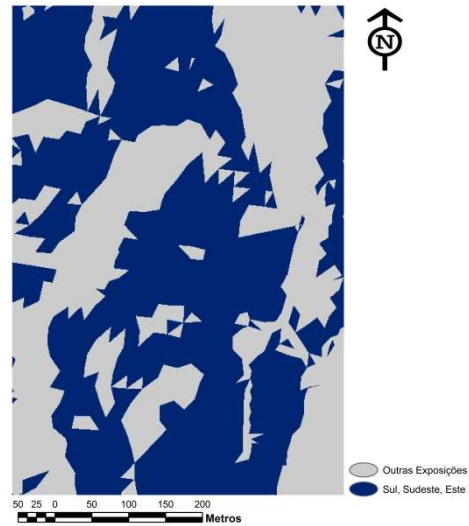


Figura 9 – Área por declive.

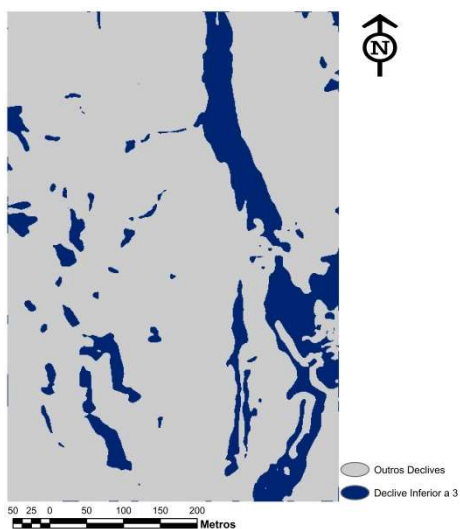
As superfícies obtidas nas Figuras 5, 6, 7 e 8 foram reclassificadas em duas áreas distintas. No caso das cartas de exposições, uma área representa as exposições Este, Sudeste ou Sul e a outra as restantes exposições (Figs. 10 e 11). Nas cartas de declives, a reclassificação tornou possível obter uma área que representa os declives inferiores a 3% e outra os restantes declives (Figs.12 e 13).



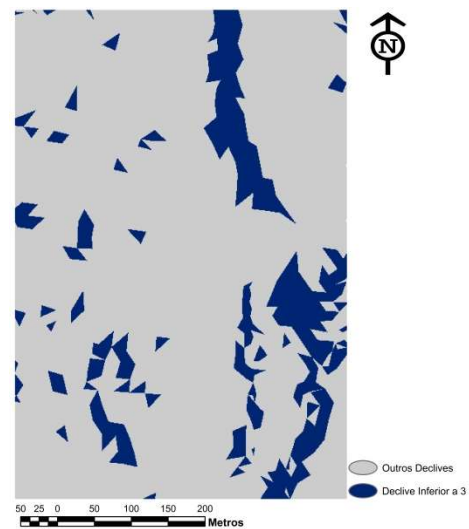
**Figura 10 – Reclassificação das exposições resultantes do MDT matricial.**



**Figura 11 – Reclassificação das exposições resultantes do MDT vetorial.**



**Figura 12 – Reclassificação dos declives resultantes do MDT matricial.**



**Figura 13 – Reclassificação dos declives resultantes do MDT vetorial.**

Pela observação das superfícies reclassificadas verifica-se que as áreas que cumprem a primeira condição, exposição a Este, Sudeste ou Sul, é substancialmente superior às áreas que cumprem a segunda condição (declive inferior a 3%). No Quadro 3 pode-se observar as diferentes áreas para cada uma das superfícies.

**Quadro 3 – Áreas obtidas nas superfícies reclassificadas.**

Superfícies		Áreas (m <sup>2</sup> )	
		Input MDT matricial	Input MDT vetorial
Exposição	Este, Sudeste, Sul	165938	168118
	Outras Exposições	133312	130674
Declive (%)	Inferior a 3	44128	42063
	Outros Declives	255122	256729

Relativamente às exposições, a área que cumpre a primeira condição (Este, Sudeste ou Sul) é ligeiramente superior na superfície da Figura 10 (55%). Na Figura 11 a mesma condição é representada por uma área de 56%. No que diz respeito ao declive, a área que cumpre a segunda condição (declive inferior a 3) é bastante inferior à que não cumpre esta condição. Na superfície da Figura 12, esse valor é 15%, podendo ser observado um resultado semelhante na Figura 13 (14%). Ao comparar as superfícies resultantes do MDT matricial e do MDT vetorial, verifica-se que no caso das exposições há um acréscimo de 1%, em oposição ao declive, em que há um decréscimo de 1%.

A última etapa deste ensaio combina as duas condições estipuladas no início do estudo, para cada um dos MDT criados. As Figuras 14 e 15 apresentam três tipos de regiões, consoante verifiquem 0, 1 ou 2 das condições iniciais. Nas Figuras 16 e 17 visualizam-se apenas dois tipos de regiões, consoante cumpram ou não as duas condições.



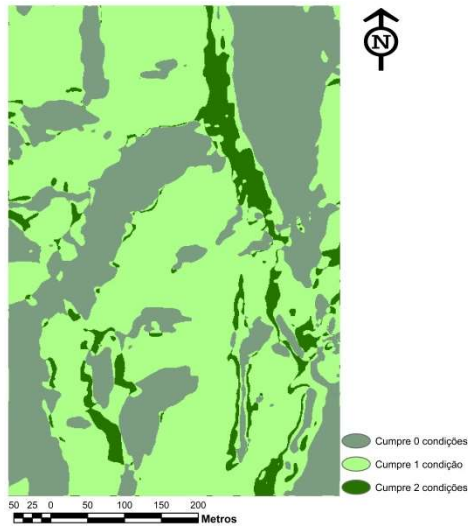


Figura 14 – Resultado com 3 tipos de regiões resultantes do MDT matricial.

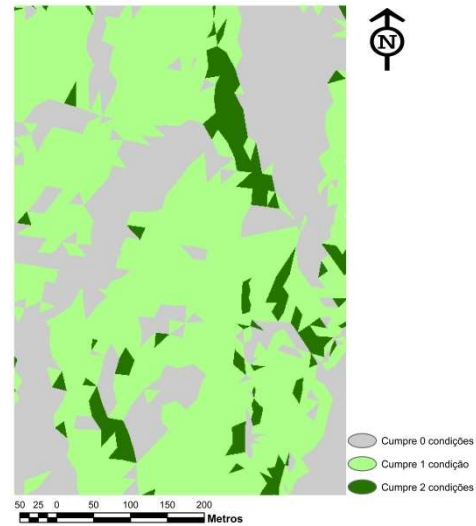


Figura 15 – Resultado com 3 tipos de regiões resultantes do MDT vetorial.

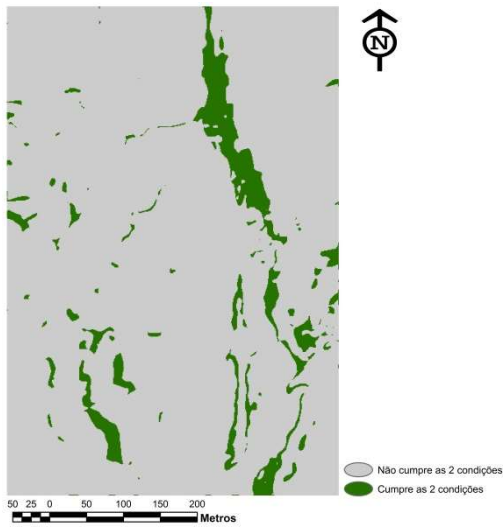


Figura 16 – Resultado com 2 tipos de regiões resultantes do MDT matricial.

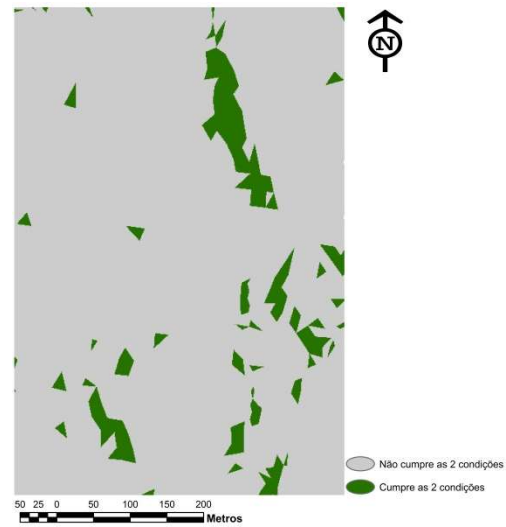


Figura 17 – Resultado com 2 tipos de regiões resultantes do MDT vetorial.

Para os resultados visualizados nas Figuras 16 e 17, calcularam-se as áreas, tanto para as regiões que cumpram as duas condições como para aquelas que as não cumpram (Quadro 4).

Quadro 4 – Áreas obtidas nas superfícies das Figuras 16 e 17.

Superfícies	Áreas (m <sup>2</sup> )	
	Input MDT matricial	Input MDT vetorial
Não cumprir as 2 condições	277424	278572
Cumprir as 2 condições	21825	20220

Para o cenário com o *input* MDT matricial cumprem-se as duas condições em 7,3% da área. Para o cenário de *input* MDT vetorial cumprem-se as duas condições em 6,8% da área. Conclui-se que na parcela em estudo, e para as condições impostas inicialmente, a maior parte da região não é a mais adequada ( $\approx 93\%$ ).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com este estudo demonstrou-se que as ferramentas de SIG podem ter um papel fundamental na agricultura. O modelo digital de terreno e a sua integração e análise num sistema de informação geográfica constituem ferramentas poderosas de trabalho nas diversas áreas de estudo da produção agrícola.

Baseado neste estudo, parece-nos que as superfícies obtidas a partir de MDT são semelhantes quer este seja construído a partir de uma estrutura matricial quer a partir de uma estrutura vetorial.

Neste caso concreto, em que se pretendia implementar uma cultura em determinadas condições de atributos de terreno, o SIG mostrou um contributo valioso ao delinear de forma rápida e expedita a região adequada.

#### **REFERÊNCIAS BIBLOGRÁFICAS**

Aimrun, W.; Amin, Ml. S. M.; Rusnam, M., ahmad, D.; Hanafi, M. M. e Anuar, A. R. (2009).

Bulk Soil Electrical Conductivity as an Estimator of Nutrients in the Maize Cultivated Land. *European Journal of Scientific Research*, 31 (1), 37-51.

ESRI (2009). ARCGIS 9.3.3. Redlands, CA, USA: Environmental Systems Research Institute.



ESRI (2001). ArcGIS™ Spatial Analyst: Advanced GIS Spatial Analysis Using Raster and Vector Data. Redlands, CA, USA: Environmental Systems Research Institute.

[http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/arcgis\\_spatial\\_analyst.pdf](http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/arcgis_spatial_analyst.pdf). Acedido a 21 Agosto 2014.

Matos, J. (2008). *Fundamentos de Informação Geográfica*. 5ª ed. act. e aument. Lisboa. Lidel.

Grifo, A. e Marques da Silva, J. R. - Stochastic simulation of maize productivity: spatial and temporal uncertainty. Proceedings to the 9th European Conference on Precision Agriculture 2013 Lleida, Catalonia (Spain). July 7th-11th, 2013. *Precision agriculture '13*, 291-297. Wageningen Academic Publishers.

Kravchenko A. N. e Bullock D. G. (2000). Correlation of corn and soybean grain yield with topography and soil properties. *Agronomy Journal*, 92, 75–83.

Kumhálová, J.; Kumhála, F.; Kroulík, M.; Matejková, S. (2011). The impact of topography on soil properties and yield and the effects of weather conditions. *Precision Agriculture*, 12, 813–830. doi 10.1007/s11119-011-9221-x

Macedo, M. D. L. D. A., Carvalho, C. A. P., e Vieira, A. J. B. (2003). Geração de modelo digital de terreno a partir de mapas digitais 3D: Estudo de caso visando garantir o contexto geomorfológico com redução dos dados amostrais. *Boletim de Ciências Geodésicas*, 9(1).

Marques da Silva, J.R e Silva, L.L. (2008). Evaluation of the relationship between maize yield spatial and temporal variability and different topographic attributes. *Biosystems Engineering*, 101, 183-190. doi:10.1016/j.biosystemseng.2008.07.003

Rao, K. D. e Kumar, D. S. (2004). Spatial decision support system for watershed management. *Water Resources Management*, 18(5), 407-423.

Ping, J. L.; Green, C. J., Zartman, R. E.; Bronson, K. F. e Morris, T. F. (2007). Spatial Variability of Soil Properties, Cotton Yield, and Quality in a Production Field. *Soil Science and Plant Analysis*, 39: 1–16.

Serrano, J., Shahidian, S. e Marques da Silva, J. (2013). Long-term effect of super phosphate fertilizer on accumulation of soil phosphorus on a pasture. Proceedings to the 9th European Conference on Precision Agriculture 2013 Lleida, Catalonia (Spain). July 7th-11th. In *Precision agriculture'13* ,235-242. Wageningen Academic Publishers.

Zeiler, M. (2010). Modeling Our World: The ESRI Guide to Geodatabase Concepts. ESRI press.