

Livro de Atas

Apenas Comunicação Oral	Apenas Poster	Comunicação Oral ou Poster	X
-------------------------	---------------	----------------------------	---

(Assinalar com X a opção de submissão desejada)

GERAÇÃO DE MAPAS DINÂMICOS PARA MONITORIZAR A EVOLUÇÃO TEMPORAL DA TEMPERATURA DE UMA ESCOMBREIRA DE CARVÃO EM AUTO-COMBUSTÃO

Lia Duarte (1)
José Alberto Gonçalves (2)
Ana Cláudia Teodoro (1)
Joana Ribeiro (1)
Deolinda Flores (1)

(1) Instituto Ciências da Terra (ICT); Polo FCUP, Rua Campo Alegre, 4169-007 Porto; E-mail: liaduarte@fc.up.pt; amteodor@fc.up.pt; joanaribeiro@fc.up.pt

(2) CIIMAR, Universidade do Porto, Rua dos Bragas 289, 4050-123 Porto; E-mail: jagoncal@fc.up.pt

RESUMO

A monitorização e medição de temperaturas de materiais geológicos em auto-combustão são fundamentais para estudo da evolução das áreas afetadas por este processo. A necessidade de monitorizar, de forma contínua, escombrelas de carvão em auto-combustão de forma a determinar a dinâmica do processo e estabelecer prováveis cenários evolutivos. Várias etapas foram seguidas de forma a criar superfícies de interpolação dos dados de temperatura, utilizando o método Kriging. Foram criadas superfícies de interpolação com a mediana dos dados de temperatura obtidos para os dias 14, 15 e 16 de Maio. Os resultados obtidos permitem identificar as áreas em auto-combustão, assim como as temperaturas associadas ao processo.

1. INTRODUÇÃO

Um SIG (Sistema de Informação Geográfica) fornece ferramentas de análise espacial que podem ser utilizadas no processo de manipulação de informação espacial para extrair novas análises e conclusões a partir de dados originais. Estes métodos são frequentemente utilizados em aplicações na área ambiental, assim como em estudos ecológicos [1,2].

O trabalho apresentado foi desenvolvido no âmbito do projeto ECOAL – MGT (Ecological *Management* of *Coal* Waste Piles in Combustion), Gestão ecológica de pilhas de resíduos de carvão, Programa de cooperação territorial, Espaço SUDOESTE Europeu 2007-2013. Este projeto tem como objetivo monitorizar, de forma contínua, escombrelas de carvão em auto-combustão através da instalação de protótipos de sensores de fibra ótica para obtenção de dados espaciais e temporais, que permitem determinar a dinâmica do processo e estabelecer prováveis cenários evolutivos. O projeto está a ser testado na escombrela de São Pedro da Cova, Gondomar (Figura 1), que resultou da atividade mineira na região. O objetivo do trabalho foi definir as etapas de processamento dos dados de temperatura obtidos através de sensores de fibra ótica, utilizando software SIG open

Livro de Atas

source, QGIS 2.8.2, e pequenos plugins/algoritmos desenvolvidos em Python, de forma a permitir a análise da dinâmica da evolução da temperatura na escombreira.



Figura 1: Escombreira de São Pedro da Cova.

A monitorização e medição de temperaturas de materiais geológicos em auto-combustão são fundamentais para estudo da evolução das áreas afetadas por este processo. O processo de auto-combustão é frequente em escombreiras resultantes da exploração mineira de carvão e, por isso, o controlo contínuo e identificação de possíveis cenários evolutivos do processo de auto-combustão é fundamental para a identificação, na forma de medidas para minimizar o impacto associado.

1.1 Análise dos dados

A análise e interpretação das medições de temperatura obtidas podem ser efetuadas com recurso a um software SIG open source que dispõe de ferramentas e algoritmos que permitem gerar superfícies de interpolação. Este trabalho consistiu num conjunto de etapas, desde levantamento de coordenadas no local, até ao processamento dos dados no software QGIS 2.8.2. Foram utilizados algoritmos pertencentes ao *Processing Toolbox*, tais como o *Ordinary Kriging* da biblioteca SAGA [3]. Devido ao número elevado de dados (alta densidade de pontos) alguns plugins/algoritmos foram criados com recurso ao Python de forma a facilitar a leitura do formato dos mesmos. Neste trabalho são apresentados os resultados do processamento dos dados para os dias 13, 14 e 15 de Maio de 2015, assim como foram avaliadas relações entre as diferentes dinâmicas para a mesma hora em Fevereiro, Maio e Junho.

1.2 Kriging

O Kriging [4] é um interpolador espacial, e é um dos métodos mais utilizados para a modelação 3D da temperatura do sub-solo [5]. O Kriging é uma técnica de geoestatística usada na interpolação espaço-temporal de dados geográficos [4,6], e lida com variáveis (variáveis regionalizadas) distribuídas no espaço e/ou tempo [7]. A variação espacial de uma variável regionalizada tem uma componente estrutural (medida da similaridade entre observações) e uma componente aleatória [8]. Estas duas componentes estão representadas no variograma, que representa uma descrição matemática da variabilidade espacial. O Kriging usa assim o variograma para atribuir pesos às observações (amostras) durante o processo de interpolação. Uma das principais vantagens deste método de interpolação está relacionada com a sua capacidade de incorporar informações sobre tendências regionais e locais. O primeiro passo é construir um semivariograma experimental. Para tal, calcula-se a semi-variância:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2} E[Z(x) - Z(x+h)]^2$$

Para amostras discretas, como é o caso, a função é estimada como:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} E[Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

onde $Z(x_i)$ é o valor da variável Z em x_i , e $N(h)$ é o número de pares de pontos de amostragem separados pela distância h . Existem vários modelos teóricos de variograma, como por exemplo, o esférico, o exponencial, ou o Gaussiano. O modelo ajustado fornece informações sobre a estrutura espacial dos dados, bem como sobre os parâmetros de entrada para a execução do método. O Kriging é designado por BLUE (best linear unbiased estimator) e usa um processo teórico de determinação de médias móveis ponderadas, dado pela expressão seguinte:

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i Z(x_i)$$

onde $\hat{Z}(x_0)$ é o valor a ser estimado em x_0 ; e $Z(x_i)$ é conhecido no local de amostragem x_i . Contrariamente a outros métodos de interpolação (como por exemplo o método de pesos pelo inverso da distância), a função de ponderação (ou peso) λ_i não é arbitrária e é calculada com base nos parâmetros do variograma. Para assegurar que esta estimativa é imparcial, é necessário que a soma dos pesos seja igual a um.

Sendo o semi-variograma uma função que depende da direção, é natural que este apresente valores diferentes conforme a direção, recebendo este fenômeno o nome de anisotropia. Caso o semi-variograma apresente uma forma semelhante em todas as direções do espaço, i.e., só dependendo de h , diz-se que a estrutura é isotrópica, ou seja, sem direções privilegiadas de variabilidade.

Tal como na estatística tradicional, é desejável ter uma distribuição normal [9]. No entanto, as variáveis ambientais apresentam com bastante frequência uma distribuição log-normal ou positivamente enviesada [10]. Deste modo, a transformação logarítmica é bastante aplicada, com o objetivo de normalizar os conjuntos de dados positivamente enviesados.

No Kriging ordinário, que é o método mais usado em problemas ambientais, assume-se que os dados são estacionários, ou seja, não apresentam tendências significativas no espaço [8]. As médias locais não são necessariamente próximas da média, usando-se apenas os pontos vizinhos para a estimativa. Neste caso é utilizada a média local dos pontos amostrados. Por conseguinte, deve-se normalizar a média dos pesos. Consequentemente, tem-se um resultado mais preciso do que o no Kriging simples, onde se usa a média de todos os dados.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia usada para análise dos dados consistiu nas seguintes etapas:

- 1) Levantamento de campo com recurso a um recetor GPS com o objetivo de obter localização rigorosa de 42 pontos de amostragem ao longo da fibra ótica;
- 2) Determinação das coordenadas de todos os sensores de amostragem, com espaçamento de 20 cm;
- 3) Receção de dados com informação de temperatura assim como da posição dos pontos nos sensores de fibra ótica;
- 4) Junção dos dados de temperatura aos pontos criados;
- 5) Interpolação dos dados de temperatura, utilizando o método Kriging, de forma a gerar uma superfície de interpolação;
- 6) Criação de uma animação com as superfícies geradas.

2.1 Obtenção dos dados

A fibra foi colocada no terreno, como se mostra na figura 2, com o apoio de 42 estacas, representadas por pontos. Entre cada dois pontos consecutivos próximos a fibra foi estendida em reta. Entre os pontos consecutivos mais afastados a fita foi estendida em reta, fazendo no extremo uma curva correspondente aproximadamente a uma semi-circunferência.

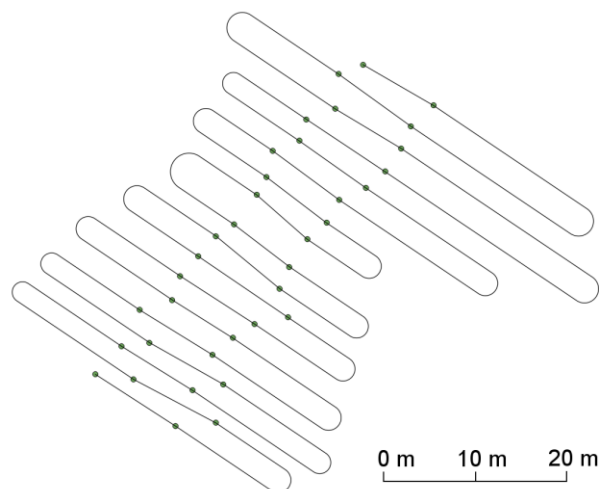


Figura 2 – Representação da fibra (cerca de 700 metros) e das estacas usadas para guiar a localização da fibra.

Foram registados os valores de temperatura a cada 20 cm ao longo da fibra, sendo cada uma referenciada espacialmente ao longo da fibra por um número e a correspondente distância à origem. As estacas foram localizadas de forma a coincidirem com sondas, tendo sido registadas as respectivas distâncias.

Foi feito um levantamento GPS com um recetor Trimble R6, com correções em tempo real obtidas a partir da rede ReNEP, mantida pela Direção Geral do Território. Este método garante uma precisão de 2 a 3 cm, que é adequada para o rigor espacial pretendido.

A determinação das posições das sondas foi feita assumindo a regra já descrita atrás; trajeto reto entre estacas consecutivas próximas e reto completado por semi-circunferência entre estacas consecutivas afastadas. Assumiu-se que o azimute das retas neste caso era o azimute médio entre estacas consecutivas próximas. Uma vez calculadas as coordenadas de todas as sondas (3281, ao todo), no sistema ETRS89/PT-TM06, foi criada uma tabela em ficheiro de texto, contendo essas coordenadas, o número de sonda, a distância à origem e se a sonda corresponde a uma estaca levantada ou não. Essa tabela foi importada no software QGIS de forma a permitir a geração de uma shapefile que será usada ao longo do restante trabalho.

2.2 Processamento dos dados

Com a informação dos valores de temperatura fornecidos foi possível atribuir a cada ponto coordenado o respetivo valor de temperatura numa determinada hora e dia. Os valores da temperatura foram atribuídos através da junção das tabelas usando a distância à origem na fibra como campo em comum. A densidade de pontos criados (de 20 em 20 cm) foi reduzida de forma a obter com maior precisão uma superfície. Foram elaborados testes utilizando duas formas de análise: média ou mediana (dos valores da temperatura) de 10 pontos. Numa segunda fase, foi utilizado o software QGIS onde foram inseridos os pontos, através de um ficheiro de texto com coordenadas e respetivo valor da temperatura e foi gerada uma máscara de forma a delimitar a região envolvente dos pontos. De seguida, procedeu-se à geração de superfícies usando o método de interpolação Kriging. A

Livro de Atas

biblioteca SAGA presente no *Processing Toolbox* apresenta vários métodos baseados no Kriging. O método usado neste procedimento foi o *Ordinary Kriging*.

3. APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Foram criadas superfícies de interpolação com a mediana dos dados de temperatura obtidos para os dias 14, 15 e 16 de Maio que se encontram na figura 3. Foram também criadas superfícies de interpolação usando a média dos dados de temperatura.

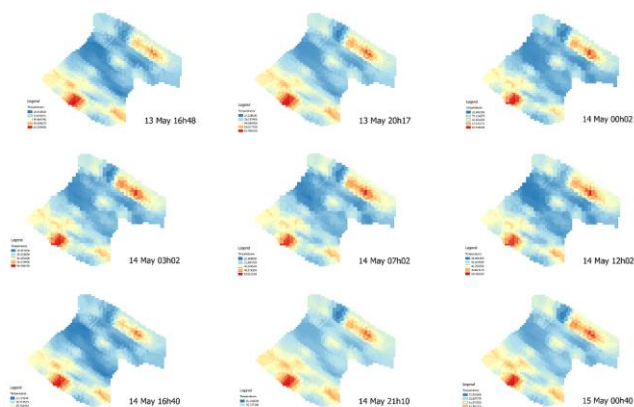


Figura 3: Dinâmica da escombreira de carvão em auto-combustão (Maio).

Foram também geradas as superfícies para a mesma hora em diferentes meses (Fevereiro, Maio e Junho) de forma a comparar a dinâmica das temperaturas. Os resultados foram obtidos com a mediana dos valores das temperaturas (figura 4a) e com a média (figura 4b).

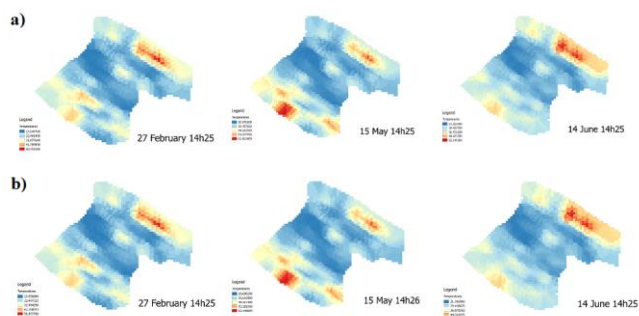


Figura 4: Dinâmica da escombreira de carvão em auto-combustão em Fevereiro, Maio e Junho; a) Mediana das temperaturas; b) Média das temperaturas.

As duas abordagens consideradas, média e mediana das temperaturas permitirá uma análise crítica acerca dos valores, tendo em conta que se existirem focos de temperatura elevada, através da média não será possível identificar esse mesmo foco enquanto que utilizando a mediana poderá ser detetado. Este estudo comparativo permitirá concluir que a utilização da mediana será mais apropriada para este estudo, tendo em conta que não é afetada pelos outliers ou falhas de informação.

Livro de Atas

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem identificar as áreas em auto-combustão, assim como as temperaturas associadas ao processo. A análise das imagens obtidas permite ainda caracterizar a variação da temperatura ao longo do tempo (ao longo do dia e/ou ao longo do ano, por exemplo) e, desta forma, perceber a influência das condições meteorológicas no processo de auto-combustão. A automatização permitirá a visualização contínua do processo de auto-combustão na escombreira, que será fundamental na identificação de prováveis cenários evolutivos e na identificação das medidas de prevenção e de mitigação dos impactos ambientais que possam ser implementadas. Está a ser desenvolvida uma ferramenta Open Source no âmbito do software QGIS, que permitirá automatizar o processo desenvolvido de forma a visualizar sob a forma de vídeo os resultados obtidos e assim fazer uma análise acerca da variação temporal da temperatura e assim avaliar a dinâmica da escombreira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Segurado P, Jesus B (1999). Aplicação de Sistemas de Informação Geográfica nas Diferentes Fases de um Estudo Ecológico. ESIG99, Lisboa. 10 pp.
- [2] Batista, M., Brito, G., Abreu, M., Sousa, J., Quental, L. e Vairinho, M. (2003). Avaliação por modelação em SIG da contaminação mineira por drenagem ácida: S. Domingos, Faixa Piritosa, Alentejo. Ciências da Terra (UNL), V, pp. M6-M10.
- [3] SAGA (Acedido em Junho de 2015), System for Automated Geoscientific Analyses. Acessível em: <http://www.saga-gis.org/>.
- [4] Krige, D.G. (1951) A statistical approach to some basic mine valuation problems on the Witwatersrand. J. Chem. Metall. Min. Soc. S. Africa, 52 (6):119–139.
- [5] Agemar, T., Schellschmidt, R., Schulz, R. (2012) Subsurface temperature distribution in Germany. Geothermics, 44: 65–77.
- [6] Webster, R., Oliver, M.A. (2001) Geostatistics for Environmental Scientists. John Wiley & Sons Ltd, Chichester.
- [7] Matheron, G. (1963) Principles of geostatistics. Econ. Geol., 58:1246–1266.
- [8] Journel A.G., Huijbregts C.J. (1978) Mining geostatistics. Academic. Press, New York.
- [9] Clark, I., Harper, W.V. (2000) Practical Geostatistics 2000. Ecosse North America Llc, Columbus, Ohio, USA.
- [10] Zhang, C.S., Zhang, S., Zhang, L.C., Wang, L.J. (1995) Background contents of heavy metals in sediments of the Changjiang River system and their calculation methods. Journal of Environmental Sciences, 7(4):422–429.