

## **ESTRATÉGIAS DE AMOSTRAGEM DISCRETA VERSUS INCREMENTAL NA AVALIAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO DE SOLOS**

### **DISCRETE VERSUS INCREMENTAL SAMPLING STRATEGIES IN THE EVALUATION OF SOIL CONTAMINATION**

Jorge, Celeste, *Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, cjorge@lnec.pt*

#### **RESUMO**

A existência de cenários de locais potencialmente contaminados, com especificidades próprias das actividades que estiveram na sua origem, leva à necessidade de definir estratégias de abordagem adequadas, para uma caracterização economicamente viável da situação presente. Em vez de uma amostragem discreta (AD) distribuída de forma aleatória, condicionada ou em malha, pode existir a conveniência ou a necessidade de uma amostragem incremental (AI). Esta estratégia de amostragem é apropriada para determinadas condições específicas, objectivos de amostragem e contaminantes peculiares, tendo por objectivo obter uma amostra única para análise, que apresente concentrações de elementos e de compostos representativas da unidade de decisão adoptada. Neste trabalho pretende-se apresentar as vantagens e inconvenientes ao optar pela estratégia de AI e compará-la com a prática comum da estratégia de AD.

#### **ABSTRACT**

The existence of many scenarios of contaminated sites, with their own specific activities that were at its origin, leads to the need to define strategies for addressing these areas so as to achieve best results on their characterization. Instead of a discrete sampling (DS) random, conditional or on grid distribution, there may be a convenience or a need for an incremental sampling (IS). This sampling strategy is appropriate for certain specific conditions, objectives of sampling and peculiar contaminants presence with the aim of obtaining a single sample for analysis, to produce concentrations of elements and compounds representing the unit of decision. In this work intends to present when must be chosen the strategy of IS and compares it with the common practice of the strategy for DS.

#### **1. INTRODUÇÃO**

A crescente solicitação de estudos de áreas potencialmente contaminadas pelas mais variadas substâncias, algumas delas menos comuns, tais como os explosivos, ou contaminação dos solos por deposição de substâncias por via aérea, levou à necessidade de estabelecer diferentes estratégias de abordagem de avaliação desses locais. Muitas das áreas potencialmente contaminadas são demasiado vastas e as abordagens de amostragem mais comuns, referidas em EPA NSW (1995) e EPA (2010), não são praticáveis, porque o custo inerente à sua caracterização é muito elevado, devido ao enorme número de determinações analíticas necessárias. Desta forma a amostragem discreta (AD), também designada por individual (recolha de solo num ponto), não deve ser utilizada.

Uma das formas de diminuir o custo envolvido nestes estudos de caracterização, assim como o problema da heterogeneidade espacial, passa por substituir a AD por uma amostragem incremental (AI). No entanto, esta substituição não se pode realizar de forma linear, sem deixar

de ter em consideração vários aspectos fundamentais, tais como: a fiabilidade, a representatividade e o significado dos resultados analíticos e a sua interpretação. Todavia, apenas as amostras recolhidas pelos métodos apropriados, mesmo que as suas localizações tenham sido escolhidas correctamente, poderão conduzir a resultados finais precisos para uma tomada de decisão apropriada.

## **2. DEFINIÇÕES E IMPORTÂNCIA DA AMOSTRAGEM INCREMENTAL**

Em termos gerais, a amostragem de solos é realizada para monitorizar ou caracterizar a concentração de compostos ou de elementos nos solos. Nos locais potencialmente contaminados, a amostragem servirá para caracterizar os solos de uma área, na generalidade ou especificidade, dependendo da actividade histórica de um local (Lock, 1998). Antes de qualquer amostragem ser determinada, os seus objectivos devem ser definidos (CCME, 1993).

O programa de amostragem e o programa analítico associado deverão preencher os objectivos definidos, mas as restrições financeiras, frequentemente, limitam o número de amostras e de análises (EPA, 1995). As considerações financeiras podem, por vezes, ser a única justificação apresentada para o recurso à AI/amostragem compósita (AC) do solo. Esta pode ser mais apelativa, se comparada com a AD, quando o custo das análises é elevado e há a necessidade de recolher um grande número de amostras (CMME, 1993). Este tipo de procedimento começou a ser empregue no estudo de áreas para a exploração mineira.

Neste artigo a AI é, por vezes, sinónimo de AC, sendo a primeira um desenvolvimento da segunda, num estágio mais avançado do conhecimento. É uma questão de semântica.

Em termos práticos poucas são as diferenças entre as duas estratégias, porém em termos científicos elas existem. Segundo ITRC (2009), uma amostra compósita resulta da recolha de múltiplas amostras discretas para formar a amostra, enquanto uma amostra incremental é constituída por alíquotas múltiplas que são combinadas e processadas, quer no campo quer em laboratório, para formar a amostra. Uma década antes, Lock (1998) definiu que uma amostra compósita resulta de um dado número de amostras discretas que foram colhidas a partir de uma unidade de material/solo, que constitui um corpo (unidade), e posteriormente juntas numa única amostra, com a intenção desta ser representativa dos componentes dessa unidade de material/solo. Segundo este autor, a amostra compósita representa as condições comuns/médias nessa unidade de material amostrada.

Em Julho de 2009, a Interstate Technology Regulatory Council (ITRC, 2009) apresentou o Projecto – Metodologia de Amostragem Incremental, com o objectivo de obter a contribuição de todos os técnicos e especialistas mundiais na área, para a definição de programas de AI e de dar respostas a muitas questões que existem.

Segundo a ITRC (2009), as decisões ambientais são frequentemente baseadas em dados analíticos, os quais devem ser exactos, reproduzíveis e, desta forma, válidos. A maioria dos erros dos dados ambientais não resulta de erros inerentes à realização das análises laboratoriais, mas sim dos procedimentos de recolha de amostras e de erros aleatórios. Os erros de amostragem podem ser minimizados ao desenvolver-se projectos de amostragem que são baseados em princípios científicos e em objectivos de qualidade dos dados.

A estratégia de AI é um protocolo de amostragem estruturado que reduz a variabilidade dos dados e aumenta a representatividade das amostras. O objectivo da AI é o de obter uma amostra única para análise que apresente uma concentração média do elemento ou composto a analisar, representativa da unidade de decisão. Por sua vez, a dimensão da unidade de decisão é

específica de cada local em estudo e representa a menor área sobre a qual se quer basear a decisão ou conclusão. As amostras são colhidas a partir de múltiplas localizações na unidade de decisão e compostas para que as amostras sejam espacialmente representativas dessa unidade (Figura 1). A unidade de decisão deve ser definida para que os resultados sejam relevantes para explicitamente expressar os objectivos da amostragem (ITRC, 2009).

As unidades de decisão têm, usualmente, menos de 1012 m<sup>2</sup> e as alíquotas são recolhidas aleatoriamente para evitar o enviesamento da amostragem. No entanto, outras fontes referem que as unidades de decisão deverão estar compreendidas entre 25 e 10000 m<sup>2</sup> (por exemplo, Walker, 2009).

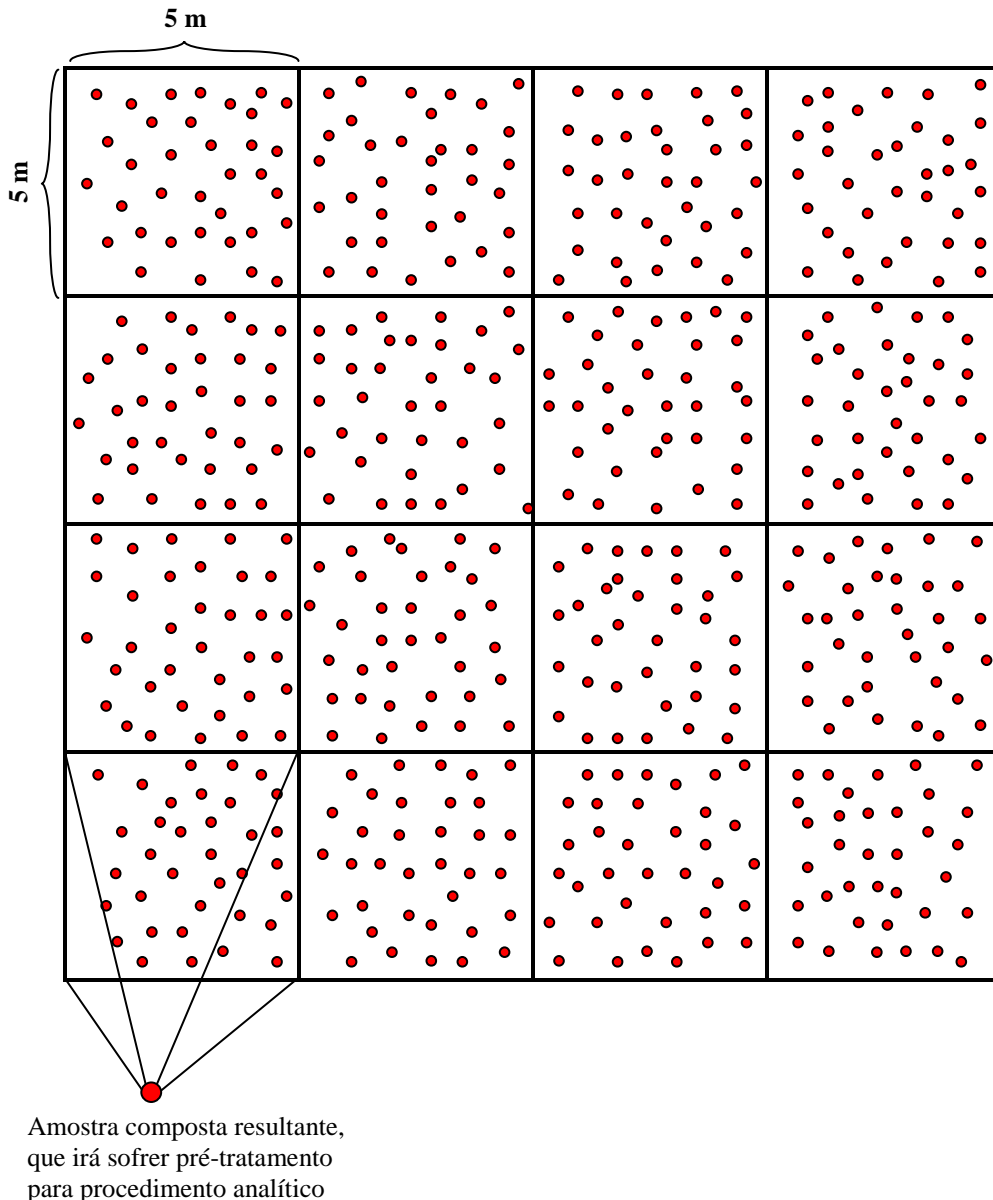


Figura 1 – Exemplo de uma Área a Caracterizar por AI, Respectivas Unidades de Decisão e Distribuição das Alíquotas de Solo Para a Composição da Amostra de uma Dessas Unidades

### **3. PRINCIPAIS DIFERENÇAS DA AMOSTRAGEM INCREMENTAL**

A estratégia de AI melhora a fiabilidade dos dados da amostragem e reduz a sua variabilidade, quando comparada com as estratégias convencionais de AD. A distribuição dos dados para as amostras replicadas da AI tende a ser normalmente distribuída, contrastando com a distribuição positivamente achatada das amostras discretas.

É esperado nesta abordagem que menos amostras apresentem resultados negativos/não detectados, atenuando-se os consequentemente problemas causados pela utilização de conjuntos de dados censurados e pela diminuição da possibilidade de perda de dados de contaminação “significativa”. Além disso, os níveis de confiança estatísticos e a incerteza na decisão, que exigiriam um grande número de análises discretas, podem, frequentemente, ser obtidos com apenas algumas amostras incrementais.

Os dois elementos chave da AI são a recolha de amostras no campo e o processamento laboratorial. Cada um deles requer uma abordagem cuidada.

Em qualquer uma das estratégias de abordagem de amostragem em discussão há a necessidade de definir unidades de decisão, apesar de esta ser mais notória na estratégia de AI.

A especificidade da estratégia de AI reside, bastante, no tratamento laboratorial, que antecede a análise. Nesta estratégia, o processamento de laboratório emprega procedimentos para produzir uma amostra uniforme de granulometria fina e usa sub-amostragem multi-incremental para obter uma alíquota representativa para análise. Estes procedimentos permitem alcançar uma concentração média altamente reprodutível.

#### **3.1. Vantagens**

A estratégia de AI reduz os erros induzidos pela amostragem de campo e pelo processamento da sub amostragem laboratorial.

Uma das suas principais vantagens consiste em reduzir substancialmente os custos da determinação analítica, uma vez que o número de amostras a analisar é substancialmente reduzido.

A recolha de alíquotas para a amostra composta pode ser realizada de uma forma bastante simples e de forma aleatória, podendo proceder-se à colheita de pequenas quantidades de solo ao caminhar na unidade de decisão. Geralmente, assume-se um número mínimo de 30 alíquotas a ser recolhido nessa unidade. Se se recolherem replicados e esses derem uma variabilidade demasiado elevada, em termos de concentração, então o número de alíquotas deverá ser aumentado e maior quantidade de solo deverá ser recolhida. Com este procedimento procura-se minimizar erros de amostragem, devido à heterogeneidade, por composição dos incrementos numa massa uniforme.

O tratamento da amostra para análise laboratorial e o processo de sub-amostragem estabelecido permitem, juntamente com o referido para o procedimento de campo, normalizar a distribuição dos dados.

Este método, por consequência, fornece ao investigador/responsável do estudo dados mais precisos e reprodutíveis das concentrações médias na unidade de decisão. A teoria da AI também afirma que o método aumenta a probabilidade de determinar potenciais “hot spots”, que de outra forma seriam ignorados no procedimento de AD (ITRC, 2009).

### 3.2. Desvantagens

As principais desvantagens e erros desta estratégia de amostragem estão relacionadas com: a) heterogeneidade composicional – nem todas as alíquotas de solo apresentam a mesma concentração dos compostos a averiguar; e b) heterogeneidade na distribuição – os contaminantes estão espalhados no solo da unidade de decisão de forma desigual.

Deste modo, existe uma perda de informação discreta da amostra e uma potencial diluição dos contaminantes na amostra composta. Uma das desvantagens pode passar pela identificação de falsos positivos ou de falsos negativos.

Os solos com elevado teor de argila ou com variações espaciais deste parâmetro podem, igualmente, constituir uma limitação. Nas avaliações *in situ* ou *on site*, teores de água variáveis podem criar um factor de erro.

### 3.3. Aplicabilidade

Este tipo de amostragem é, essencialmente, dirigida ao estudo de metais pesados, PCBs, pesticidas e PAHs. Mais recentemente, a AI foi estendida ao estudo da maior parte dos explosivos. Porém, neste caso, certos procedimentos de tratamento (peneiração e crivagem) das amostras são limitados para evitar perdas por volatilização e por decomposição térmica.

Para os explosivos existem procedimentos muito específicos, quer relativamente à recolha de alíquotas para as amostras compostas, quer relativamente ao manuseamento, acondicionamento e transporte destas últimas. Relativamente aos procedimentos laboratoriais, que precedem as determinações analíticas, existem, igualmente, bastantes limitações.

Por sua vez, é reconhecido, pelas características físico-químicas dos compostos orgânicos voláteis e de alguns compostos semi-voláteis, que esta estratégia não deve ser utilizada indiscriminadamente quando estes contaminantes são a possível causa de degradação de um local potencialmente contaminado. Alguns compostos inorgânicos, como o mercúrio, também não devem ser estudados com recurso a estratégias de AI.

A aplicabilidade desta estratégia de amostragem apenas é economicamente viável para recolhas superficiais até aos 0,3 m, por questões de exequibilidade.

## 4. CONSIDERAÇÕES

De acordo com a experiência do autor, os resultados da aplicação da estratégia de AI parecem depender, em grande parte, do seu conveniente planeamento. Desta forma, a quantidade de solo a ser recolhida em cada incremento (alíquota), o número de incrementos necessários, a dimensão das unidades de decisão e o protocolo definido para o tratamento das amostras, que precede o procedimento analítico, são parâmetros primordiais para o sucesso, diminuindo os erros introduzidos pela heterogeneidade.

As amostragens superficiais são as mais exequíveis e economicamente viáveis, nunca se pretendendo comparar dados de profundidades diferentes, visto não ter significado. Assim como não se devem comparar dados de solos de diferente natureza e com teores em água díspares.

Contudo, convém acrescentar que este tipo de estratégias de abordagem de áreas contaminadas poderá necessitar de fases posteriores de investigação, para uma tomada de decisão completamente suportada.

## REFERÊNCIAS

- CCME (1993). *Guidance Manual on Sampling, Analysis, and Data Management for Contaminated Sites. Volume I: Main Report*. Canadian Council of Ministers of the Environment, Report CCME EPC-NCS62E, December, 78 p.
- EPA (1995). Volume 1: Composite Sampling. *Epa Observational Economy Series*. EPA-230-R95-005, Policy, Planning, and Evaluation (2163), US Environmental Protection Agency. 19 p.
- EPA (2010). Sampling Design – Modulo at a Glance. *Sampling Design and Optimization*. Disponível em [http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/egyeb/us\\_epa/03\\_Sampling%20Design.pdf](http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/egyeb/us_epa/03_Sampling%20Design.pdf). Acesso em 04/01/2010.
- EPA NSW (1995). *Contaminated Sites – Sampling Design Guidelines*. New South Wales Environment Protection Authority, Contaminated Sites Section, Hazardous Substances Branch, Sydney, 35 p.
- ITRC (2009). *Project Introduction Incremental Sampling Methodology*. Interstate Technology Regulatory Council, July. Disponível em [http://www.itrcweb.org/Documents/TeamResources\\_MIS/ISM\\_Project\\_Introduction\\_7-09.pdf](http://www.itrcweb.org/Documents/TeamResources_MIS/ISM_Project_Introduction_7-09.pdf). Acesso em 04/01/2010.
- Lock, W.H. (1998). Composite Sampling. *National Environmental Health Forum Monographs*. Soil Series N.º 3, Australia, 19 p.
- Walker, T.L. (2009). *Multi-Increment Sampling: What It is and What It Does for the Site Characterization and Risk Assessment*. US Army Corps of Engineers. Disponível em [http://el.erdc.usace.army.mil/workshops/09jan-epadod/8\\_Walker\\_MISampling.pdf](http://el.erdc.usace.army.mil/workshops/09jan-epadod/8_Walker_MISampling.pdf). Acesso em 04/01/2010.