



LEARNING TOXICOLOGY  
THROUGH OPEN EDUCATIONAL  
RESOURCES

# ESQUEMA DE MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL E ATIVIDADES RELACIONADAS

Camelia DRAGHICI, Ileana MANCIULEA

Universidade de Braşov, Transilvânia

[c.draghici@unitbv.ro](mailto:c.draghici@unitbv.ro), [i.manciulea@unitbv.ro](mailto:i.manciulea@unitbv.ro)



Erasmus+

This work is licensed under a Creative  
commons attribution – non commercial 4.0  
international license





## 1. INTRODUÇÃO

Esta unidade contém o seguinte:

- objetivos de monitorização ambiental;
- esquema de monitorização ambiental;
- atividades relacionadas;
- o que significa caracterizar a qualidade do meio ambiente.

No final desta unidade, os estudantes serão capazes de compreender:

- a importância da atividade de monitorização ambiental;
- a estrutura dos sistemas de monitorização – esquema de fluxo e atividades relacionadas;
- as atividades necessárias para medição de poluentes de amostras ambientais.

Para uma melhor compreensão da seguinte apresentação, é necessário compreender a definição de monitorização ambiental. Desta forma, **monitorização ambiental (MA)** trata-se de uma atividade complexa baseada na aquisição de dados sobre o estado da qualidade ambiental, obtida após medições sistemáticas e a longo prazo de parâmetros e indicadores ambientais, com cobertura espacial e temporal, organizada de modo a garantir o controlo da poluição.

Especialistas em monitorização ambiental estão a concentrar os seus esforços nas modificações das “propriedades” do meio ambiente, registadas como consequência da poluição e/ou de outros fatores naturais ou antropogénicos influentes. Assim, diferentes tipos de monitorização foram delimitados e desenvolvidos, como:

- *monitorização geofísica* – levantamento das modificações geofísicas;
- *monitorização química* – levantamento das alterações da composição química que ocorrem no meio ambiente;
- *monitorização física* – levantamento das propriedades físicas (ruído, radioatividade);
- *monitorização bioquímica* – levantamento das alterações bioquímicas.

Devido à complexidade da composição dos compartimentos ambientais, a monitorização química será sempre uma abordagem interdisciplinar, um trabalho de equipa entre diferentes especialistas: químicos, bioquímicos, biólogos, ambientalistas, hidrólogos, meteorologistas, geógrafos, estatísticos, especialistas de TIC, físicos, toxicologistas, epidemiologistas, outros.

A seguinte apresentação irá focar-se na **monitorização química**, principalmente no processo analítico de amostras de diferentes compartimentos ambientais (ar, água, solo). Os resultados da monitorização devem ser úteis na avaliação do estado do meio ambiente e da influência da poluição na saúde pública.

## 2. ESQUEMA DE FLUXO E ATIVIDADES RELACIONADAS

A monitorização pode ser realizada com dois alvos principais diferentes, afetados pela poluição e/ou por outros fatores naturais ou antropogénicos influentes:

- *monitorização ambiental* – levantamento dos componentes ambientais;
- *monitorização bioquímica* – levantamento do estado de saúde das plantas e dos animais.

Uma descrição geral das etapas do fluxo da monitorização ambiental, incluindo os processos envolvidos mais importantes, está representada na Figura 1., e serão apresentadas, em detalhe, as seguintes etapas:

1. etapa de planeamento,
2. etapa de execução,
3. e etapa de avaliação.

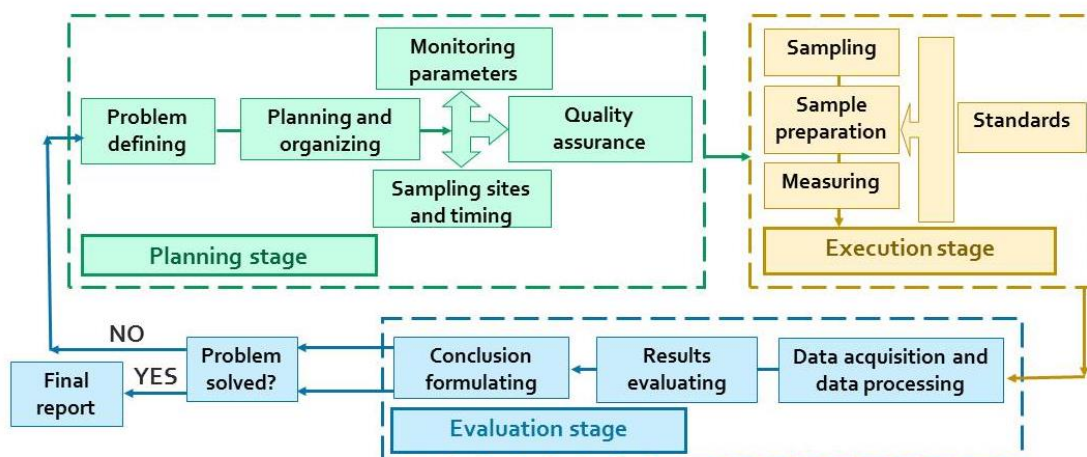


Figura 1. Principais etapas do fluxo da monitorização ambiental.

### 2.1. ETAPA DE PLANEAMENTO

A primeira etapa das atividades de monitorização ambiental é o planeamento, que se inicia com a definição do problema (Figura 2.).

## Definição do problema

Quando ocorre um evento ambiental indesejável, o problema deve ser definido cuidadosamente, a fim de permitir a formulação dos objetivos e das suas ações relacionadas, bem como, o planeamento dos procedimentos necessários.

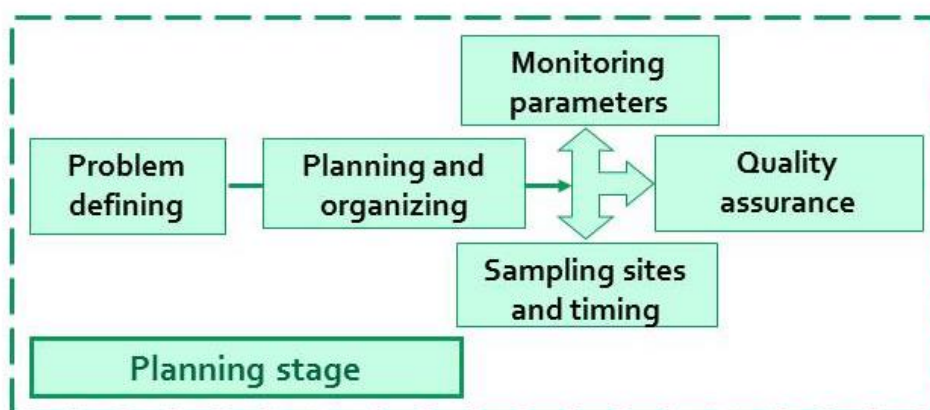


Figura 2. Etapa de planeamento do fluxo de monitorização ambiental.

Definir o problema significa, em primeiro lugar, responder às seguintes questões:

- nós temos um problema ambiental ou não?**
- existe alguma atividade identificada com impacto ambiental significativo?**

Se as respostas são positivas, os objetivos para a monitorização ambiental são estabelecidos.

## Planeamento e Organização

Depois de definir o problema ambiental, o próximo passo é organizar o sistema, que segue vários aspetos:

- estabelecer quais são as instituições competentes e responsáveis pela execução do programa de monitorização ambiental;
- organizar os laboratórios responsáveis com pessoal especializado e com métodos e equipamentos analíticos adequados;
- organizar o programa de monitorização, estabelecendo os parâmetros de monitorização de interesse, pontos de amostragem, cronogramas, campanhas, amostragem, procedimentos analíticos e procedimentos de avaliação de dados.

Todas as atividades envolvidas são objeto de garantia de qualidade interna e do sistema de controlo de qualidade externo.

## 2.2. ETAPA DE EXECUÇÃO

A segunda etapa das atividades do fluxo de monitorização ambiental é a execução. Durante esta etapa, ocorre o processo analítico (Figura 3.).

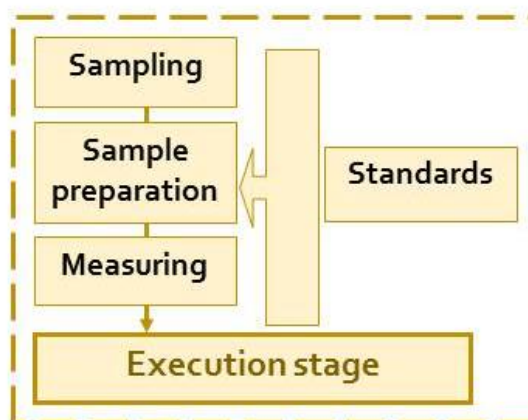


Figure 3. Etapa de execução do fluxo de monitorização ambiental.

O processo analítico consiste em todas as atividades realizadas a fim de determinar o valor dos parâmetros de interesse, desde a amostragem até as medições.

A amostragem é um termo genérico, que define duas atividades realizadas em amostras ambientais: (1) recolha de amostras do meio ambiente (também referida simplesmente como “amostragem”) e (2) preparação ou pré-tratamento de amostras.

Desta forma, enquanto a **amostragem** implica a recolha de amostras do ar, águas, solos ou biota, a **preparação de amostras** envolve todas as atividades realizadas por métodos e técnicas específicas, a fim de extrair o composto de interesse (poluente) presente em diferentes matrizes de forma mensurável.

A **medição** dos parâmetros ambientais baseia-se em métodos e técnicas analíticas específicos disponíveis e aplicáveis para diferentes matrizes de amostras e para diferentes poluentes.

Para amostras ambientais, existem métodos padronizados para todas as etapas analíticas, amostragem, preparação e medição de amostras.

## 2.3. ETAPA DE AVALIAÇÃO

A etapa de execução, que inclui o processo analítico, é seguida pela etapa de avaliação (Figura 4.). Esta etapa consiste nas atividades destinadas a converter a informação obtida das medições em informação útil baseada nos resultados.

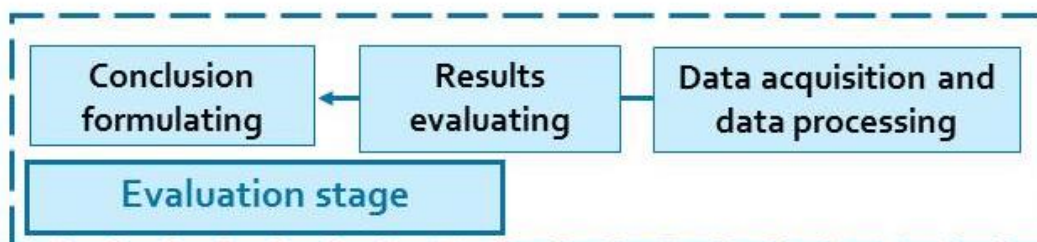


Figura 4. Etapa de avaliação do fluxo de monitorização ambiental.

### Aquisição e processamento de dados

As medições de dados são registadas, num sistema de base de dados (aquisição de dados) específico para cada instrumento e equipamento de medição. Posteriormente, os dados são processados e expressos como informações úteis/resultados, com base em leis físico-químicas, fórmulas e cálculos.

### Avaliação de resultados

Os resultados são avaliados e apresentados **em tabelas** ou usados para desenhar os **gráficos di(multi)dimensionais** mais relevantes.

Comumente, os gráficos de monitorização mostram a evolução no espaço ou no tempo dos parâmetros ambientais, que são frequentemente apresentados como concentração de poluentes. A forma de apresentação gráfica dos resultados de monitorização permitirá aos decisores formular conclusões e tomar decisões relevantes.

### Formulação de conclusões

Se as conclusões respondem ao problema identificado, pode-se completar o relatório final de monitorização (Figura 1.). Se as conclusões não respondem ao problema formulado, retoma-se o ciclo de etapas de monitorização, e começa-se por identificar as etapas de falha na resolução do problema.



De referir que a Figura 1. mostra o ciclo do programa de monitorização ambiental, que inclui as etapas principais das atividades realizadas, desde a definição do problema até ao relatório final de monitorização estar completo.

### 3. ATIVIDADES DE MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL E RESPETIVOS RESULTADOS

Monitorização ambiental é um processo de vigilância complexo com o objetivo de fornecer a informação mais relevante sobre a presença de poluentes em componentes/compartimentos ambientais: ar, água, solo e biota.

Seguindo as mesmas etapas principais do ciclo de monitorização ambiental, apresentam-se os resultados respetivos a cada atividade de monitorização ambiental. As etapas de planeamento, de execução e de avaliação foram mantidas com as mesmas cores mostradas no esquema anterior (Figura 1.), e os resultados das atividades são apresentados em caixas vermelhas (Figura 5.).

#### 3.1. COMPONENTES AMBIENTAIS

A seguinte apresentação será dedicada à monitorização ambiental, nomeadamente, a amostras recolhidas de diferentes componentes ambientais e dos seus subsistemas específicos:

- ar – ar exterior e interior;
- águas – águas superficiais e subterrâneas;
- solo – solos e subsolos;
- biota – microrganismos, plantas e animais.

O **ar** e a **água** são sistemas complexos, em estados de agregação de fluidos, principalmente homogéneos. Devido às suas propriedades de mobilidade, o ar e a água são ambos considerados vetores de propagação de poluentes.

Tanto para o ar como para a água, as emissões e as imissões podem ser monitorizadas separadamente. As **emissões** consistem em poluentes libertados no meio ambiente a partir de diferentes fontes (chamadas emissários), enquanto as **imissões** consistem no conteúdo total de poluentes no meio ambiente, resultantes da exposição a uma combinação de emissões (total de emissões).

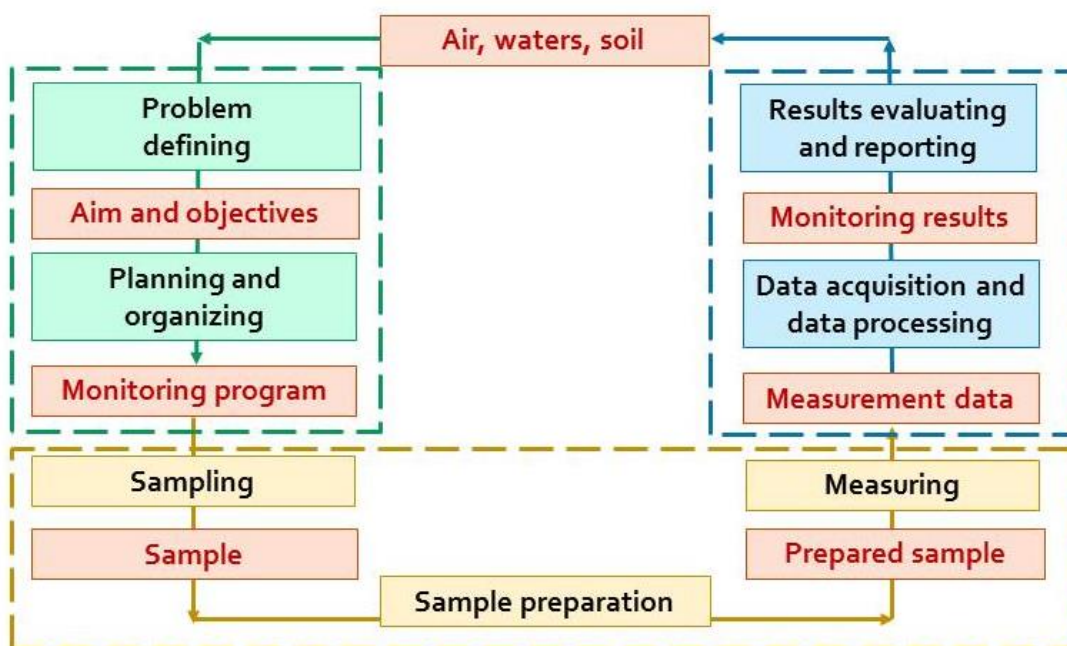


Figura 5. Fluxo de monitorização ambiental e respetivos resultados.

A presença de poluentes no ar e na água é avaliada como:

- concentração,
- velocidade de dispersão,
- fluxo.

O **solo** é um sistema mais complexo, mais heterogéneo, considerado como uma interface que absorve e retém poluentes do ar e da água.

A presença de poluentes no solo é avaliada como:

- concentração,
- tempo de retenção,
- e outros indicadores de retenção.

O **biota**, constituído pelas plantas e animais, está envolvido em processos como biotransformação, bioacumulação e biomagnificação dos poluentes, utilizados como biomonitores.

Como esperado, a presença de poluentes no biota é avaliada por diferentes parâmetros quanto à sua presença no ar, na água e no solo:

- concentração (quantidade),
- Taxa de bioacumulação,
- Outros indicadores de bioacumulação.





De referir que as emissões e as imissões são termos que não têm relevância na caracterização da qualidade do solo e da biota.

### 3.2. ALVO E OBJECTIVOS DA MONITORIZAÇÃO AMBIENTAL

Como resultado da definição do problema, o alvo e os objetivos do programa de monitorização da qualidade ambiental podem ser formulados. Estes podem variar dependendo do tipo de programa de monitorização, que pode ser baseado em projetos de investigação ou em medidas sistémicas institucionais.

A monitorização ambiental pode ser objeto de interesse para projetos desenvolvidos por equipas de **investigação**, que propõem fornecer informações objetivas sobre a qualidade do ar, da água e dos solos, com o objetivo de determinar a relação entre a presença de poluentes no meio ambiente e o seu impacto nos organismos vivos, através de:

- identificar a exposição da população e seu impacto na saúde;
- estudar a relação dose-resposta;
- identificar ameaças aos ecossistemas naturais.

O segundo tipo de monitorização é baseado em medições sistémicas organizadas por instituições autorizadas. Neste caso, o objetivo é determinar os poluentes presentes no meio ambiente (controlo da poluição), mas também identificar a exposição da população e avaliar o seu impacto na saúde.

Tendo em consideração que a monitorização ambiental sistémica faz parte do sistema de gestão ambiental, os principais **objetivos** são:

- fornecer contribuições objetivas para a gestão da qualidade do ar e da água e para o planeamento do uso da terra;
- determinar o cumprimento das normas nacionais e internacionais, sendo que os resultados são comparados com os limites aceites para concentração de poluentes no ar, água e solo;
- identificar a distribuição de fontes de poluição que causam modificações na qualidade do meio ambiente;
- identificar ameaças aos ecossistemas naturais;
- informar o público sobre a qualidade do meio ambiente e estabelecer sistemas de alerta;
- desenvolver e validar ferramentas de gestão, tais como modelos e sistemas de informação geográfica;



- elaborar políticas e estabelecer prioridades para ações de gestão ambiental;
- quantificar tendências para identificar os problemas futuros e determinar qual o progresso para alcançar as metas de gestão e controlo.

Os limites aceites para concentrações de poluentes nos compartimentos ambientais são estabelecidos com base no processamento estatístico dos dados registados pelas bases de dados de monitorização ambiental e de saúde pública.

### 3.3. PROGRAMA DE MONITORIZAÇÃO

O resultado da etapa de planeamento e de organização é o programa de monitorização, que tem em consideração o seguinte:

- Estabelecer os parâmetros ou indicadores a serem monitorizados;
- Fixar a posição dos locais e pontos de amostragem;
- Estabelecer campanhas de monitorização, em termos de duração do programa de monitorização, amostragem e ritmo de medição;
- Escolher a amostragem e os métodos e técnicas de medição;
- Estabelecer os procedimentos para aquisição e processamento de dados, a fim de obter os resultados de monitorização;
- Definir o ritmo e o modo de elaboração de relatórios.

Desta forma, após a apresentação dos componentes ambientais, do estabelecimento dos objetivos, bem como do programa de monitorização, considera-se que os resultados da etapa de planeamento da MA estão completos (Figura 6.).

### 3.4. AMOSTRAS AMBIENTAIS

**Amostra** é uma porção de um sistema (no nosso caso, do meio ambiente) representativa do local e do momento da amostragem. Após as operações de amostragem, as amostras são recolhidas dos compartimentos ambientais, e em seguida, preparadas para análise.

As amostras ambientais, são misturas complexas, pois têm vários componentes, devido a:

#### 1. estado de agregação das amostras:

- *gasoso*, como ar atmosférico, ar interior, quaisquer emissões gasosas;
- *líquido*, como águas (superficiais, subterrâneas), águas residuais, lixiviação;
- *sólido*, como solo, biota, lodo de esgotos, sedimentos;

2. **natureza das amostras**, de origem mineral (compostos inorgânicos) ou de origem biológica (compostos orgânicos);
3. **composição das amostras**:
  - (mais) *homogénea*, com ar, águas;
  - (principalmente) *heterogénea*, como aerossóis, fumo, águas com matéria suspensa, lodo de esgotos, sedimentos, solo, biota;
4. **solubilidade dos compostos das amostras**:
  - *compostos solúveis em água* (hidrofílicos);
  - *compostos insolúveis em água* (hidrofóbicos).

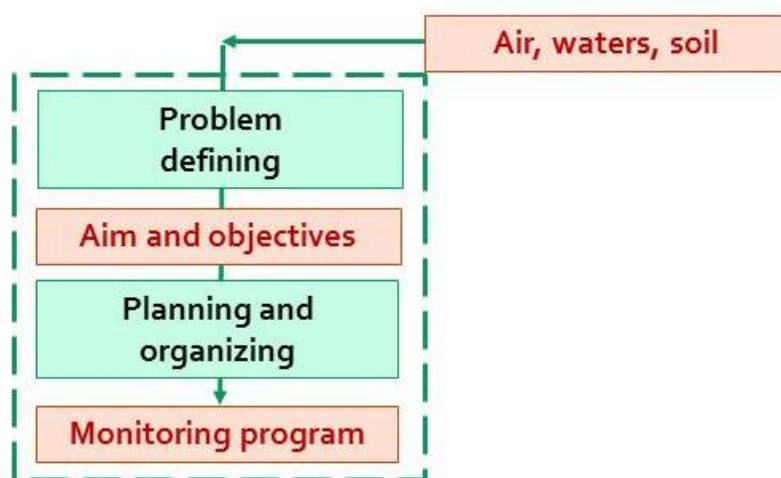


Figura 6. Etapa de planeamento da monitorização ambiental e respetivos resultados.

### 3.5. MEDIÇÕES DE DADOS

Após a recolha e preparação de amostras complexas, a caracterização de uma amostra consiste em determinar os parâmetros de qualidade, em particular a concentração dos poluentes presentes em amostras ambientais, com base em medidas:

- *análise qualitativa*, respondendo à pergunta "quais os poluentes presentes na amostra?"
- *análise quantitativa*, respondendo à pergunta "quanto de cada poluente está presente?".

As medições baseiam-se em métodos analíticos que utilizam equipamentos adequados. Para análises ambientais, estão disponíveis **métodos analíticos padronizados**, que são regulados por instituições e organizações credenciadas.

São também aceites **métodos não padronizados** nos laboratórios de análises ambientais. Ambos os tipos de métodos são sujeitos a **validação** antes de uso.

As medições fornecem dados expressos em unidades específicas conforme o método analítico e equipamentos utilizados. Os dados são adquiridos e armazenados em sistemas de aquisição de dados. Atualmente, a maioria destes sistemas consiste num software especializado entregue juntamente com o equipamento de medição. Estes softwares asseguram a aquisição de dados, mas também o seu processamento preliminar, podendo exibí-los em diferentes modos: tabelas, gráficos, diagramas.

Após medição dos dados, é possível apresentar a etapa de execução da MA e os respetivos resultados (Figura 7.).

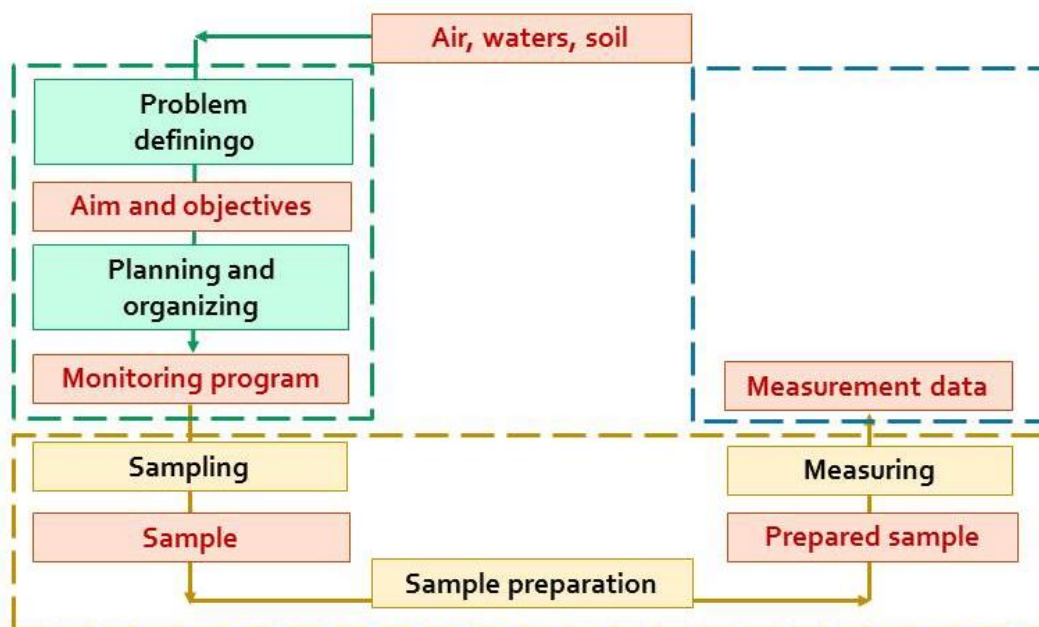


Figure 7. Etapa de execução da monitorização ambiental e respetivos resultados.

### 3.6. RESULTADOS DA MONITORIZAÇÃO

Após medição, os dados são processados com base em leis físico-químicas, sendo transformados em resultados. Os resultados de monitorização são expressos como concentrações de poluentes de acordo com as unidades previstas nos regulamentos.

**Concentração** consiste em qualquer relatório do conteúdo do analito (poluente) a partir da amostra. As unidades de concentração dependem do estado de agregação da amostra (gasoso, líquido ou sólido) e dos níveis de quantidade do analito e da amostra.

Na Tabela 1., mostram-se exemplos de unidades específicas de concentração de poluentes conforme o conteúdo dos poluentes de amostras gasosas, líquidas e sólidas, e de acordo com os regulamentos:

- em amostras gasosas, as concentrações são expressas como a proporção de massa poluente (mg,  $\mu$ g) em relação ao volume de amostra gasosa ( $m^3$ );
- em amostras líquidas, as concentrações são expressas como a proporção de massa poluente (mg,  $\mu$ g, ng) em relação ao volume de amostra líquida (L, mL);
- em amostras sólidas, as concentrações são expressas como a proporção de massa poluente (mg,  $\mu$ g, ng) em relação à massa de amostra sólida (g, kg);

Tabela 1. Unidades de concentração conforme o conteúdo de poluentes em amostras ambientais.

Estado de agregação da amostra	Exemplos de amostra	Unidades de concentração*
gasoso	emissões gasosas, ar interior/atmosférico	$mg/m^3$ ; $\mu g/m^3$
líquido	águas, fluidos biológicos	ppm: $mg/L$ ; $\mu g/mL$ ppb: $\mu g/L$ ; $ng/mL$
sólido	solos, sedimentos, lodo de esgotos, biota	ppm: $mg/kg$ ; $\mu g/g$ ppb: $\mu g/kg$ ; $ng/g$ (peso seco da amostra)

\* ppm – partes por milhão; ppb – partes por bilhão

Os resultados de monitorização são reportados às instituições autorizadas ou a qualquer grupo que tenha elaborado um programa de monitorização; e são objeto de análise estatística, revisão, publicação ou divulgação.

Após a apresentação do relatório de concentração de poluentes, considera-se que a última etapa da monitorização ambiental (etapa de avaliação) está completa (Figura 5.). Para que o ciclo das etapas de monitorização seja fechado, os resultados devem responder aos objetivos do programa de monitorização.



## REFERÊNCIAS

1. Chunlong C.Z., Fundamentals of Environmental Sampling and Analysis, John Wiley & Sons, Hoboken NJ, EUA, 2007.
2. Colbeck, I., Draghici, C., Perniu, D., (Eds), Environmental Pollution and Monitoring, in EnvEdu series, ISSN 1584-0506, ISBN 973-27-1169-8, Romanian Academy Press, Bucureste, 2003.
3. Draghici, C., Chirila, E., Complex Characterization of Polluted Samples, in L. Simeonov, M. Hassanien (Eds.), Exposure and Risk Assessment of Chemical Pollution – Contemporary Methodology, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, Nova York, 2009, 165-180.
4. Manahan S.E., Environmental Chemistry, CRC Press LLC, Boca Raton FL, USA, 2001.
5. Patnaik P., Handbook of Environmental Analysis, 2nd Edition, CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton FL, EUA, 2010.
6. <https://www.eea.europa.eu/>
7. <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-topic/environmental-monitoring>





VNiVERSIDAD  
D SALAMANCA

CAMPUS OF INTERNATIONAL EXCELLENCE



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



South-Eastern Finland  
University of Applied Sciences

U. PORTO



UNIVERZITA  
KARLOVA



Universitatea  
TRANSILVANIA  
din Braşov



ИКИТ

<https://toxoeer.com>

Coordenador do projeto: Ana I. Morales  
Sediado em Salamanca.

Morada: Campus Miguel de Unamuno, 37007.

Contacto telefónico: +34 663 056 665



This work is licensed under a Creative  
commons attribution – non commercial 4.0  
international license