

Disciplina: 7500043 - Análise Instrumental I

Ano: 2022/1

Curso: Análise Instrumental I

Introdução

Professores da disciplina:
Juliana Cristina Barreiro
Emanuel Carrilho

Retorno presencial:

- Uso contínuo de máscaras adequadas, bem ajustadas ao rosto, cobrindo do nariz ao queixo; Recomenda-se a utilização de máscaras cirúrgicas ou as do tipo N95;
- Lavagem sequente das mãos ou higienização com álcool 70%;
- Evitar aglomerações;
- Recomenda-se, quando possível, manter distanciamento mínimo de um metro.

DIRETRIZES AOS DIRIGENTES PARA O RETORNO ÀS ATIVIDADES PRESENCIAIS NA UNIVERSIDADE

Comissão Assessora para Assuntos relacionados à covid-19, designada pela Portaria GR n0.145, de 3 1/01/2022

- Avaliações:
 - Teoria: 09/05 (P1); 11/07 (P2) = média (1:1)
- Prof. Emanuel Carrilho inicia em 16/5
- Experimental:
 - Q-pré; Q-pós; 1 relatório (relatos sucintos); projeto => Pesos (1*:1*:3:5)
- Nota final: Média da Teoria e Prática (1:1)
 - OBS: Nota deve ser maior do que 5,0 na Teoria para obter-se a aprovação (no caso de nota inferior a 5,0 na Teoria, será lançada apenas a nota da Teoria para fechamento da disciplina no JupiterWeb).

Segunda-feira aulas teóricas

Datas das aulas

Juliana

14/03 apresentação da disciplina

21/03

28/03

04/04

18/04

25/04

02/05

Prova 09/05

Capítulos 6, 7, 13, 14, 16 e 17

Datas das aulas

15/03 apresentação da disciplina para as duas turmas

Turma terça-feira - quinzena 1

22/03

05/04

26/04

10/05

24/05

??? apresentação dos seminários

Turma terça-feira - quinzena 2

Datas das aulas

29/03

19/04

03/05

17/05

31/05

??? apresentação dos seminários

Emanuel

16/05

23/05

30/06

06/06

13/06

20/06

27/06

Prova 04/07

Capítulos 8, 9, 10, 11 e 12

17/03 apresentação da disciplina para as duas turmas

Datas das aulas

24/03

07/04

05/05

19/05

02/06

??? apresentação dos seminários

Turma quinta-feira - quinzena 2 – 11

Datas das aulas

31/03

28/04

12/05

26/05

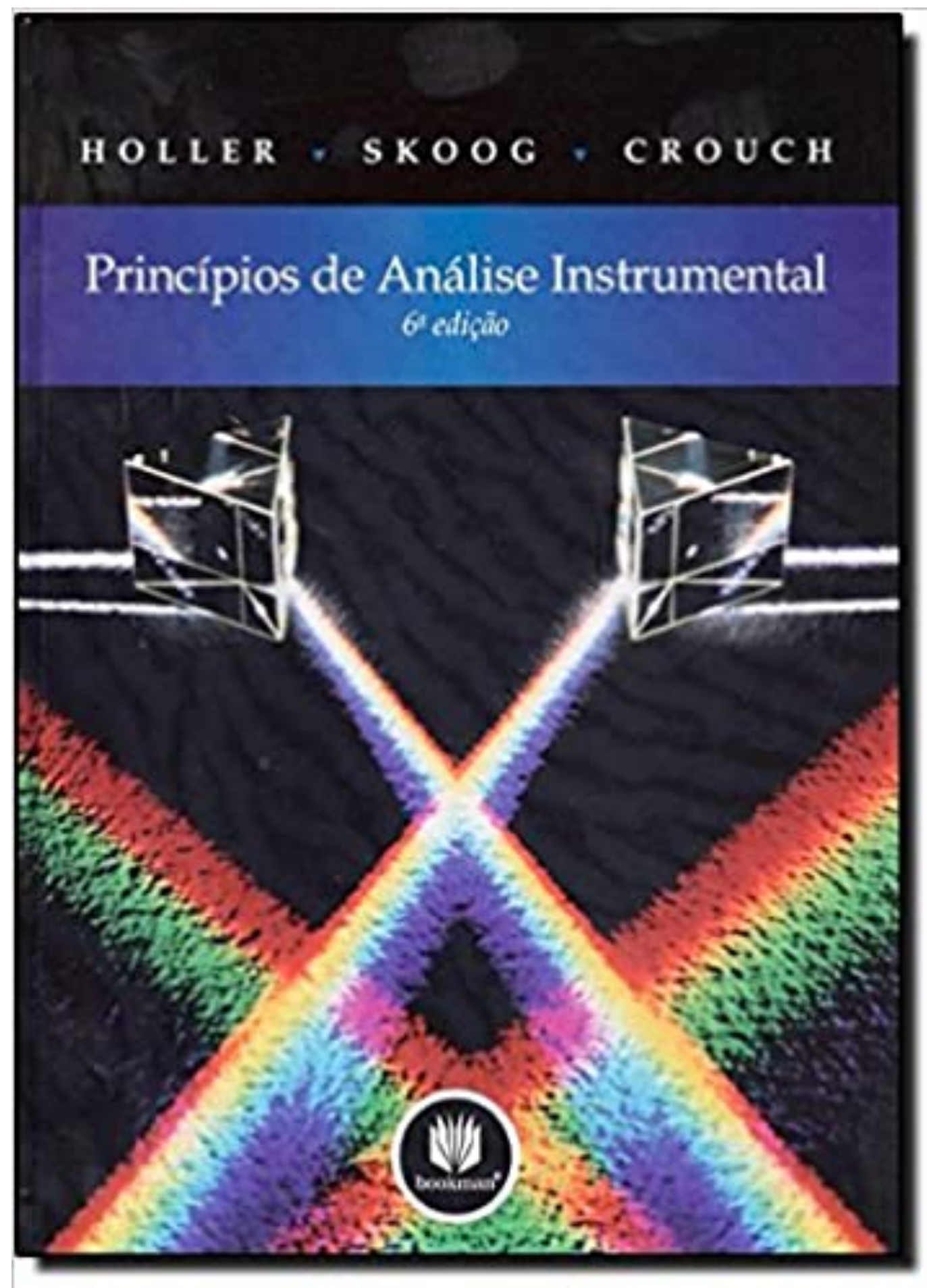
09/06

??? apresentação dos seminários

Aula 0	<ul style="list-style-type: none"> • Instruções sobre organização da disciplina: <ul style="list-style-type: none"> ○ Instruções gerais; Apresentação do calendário de atividades e data de prova; Apresentação do Ambiente e-disciplinas (MOODLE). • Introdução ao tema da disciplina: química analítica instrumental, ementa. • Esclarecimento de dúvidas
Aula 1	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento de dados / Validação / Calibração - (Harris 1 a 5) Skoog Fundamentos (2 a 8)
Aula 2	<ul style="list-style-type: none"> • UV-Vis: Introdução, componentes (Skoog 6 e 7)
Aula 3	<ul style="list-style-type: none"> • UV-Vis: Componentes, absorção molecular (Skoog 7 e 13)
Aula 4	<ul style="list-style-type: none"> • UV-Vis: Absorção molecular (Skoog 13)
Aula 5	<ul style="list-style-type: none"> • UV-Vis: Aplicações (Skoog 14)
Aula 6	<ul style="list-style-type: none"> • Fluorescência (Skoog 15)
Aula 7	<ul style="list-style-type: none"> • Infravermelho (instrumentação/análise) (Skoog 16 e 17)
PROVA	<ul style="list-style-type: none"> • Conteúdo: Validação/calibração, UV-Vis, fluorescência, infravermelho

Objetivos - Apresentar os fundamentos e as aplicações analíticas de métodos baseados em técnicas espectroscópicas de análise

Bibliografia - Holler et al.,. **Princípios de Análise Instrumental.**
6ª Ed.; Bookman; 2009



Bibliografia complementar

- Análise Química Quantitativa
–Daniel C. Harris
- Fundamentos de Química Analítica
–Skoog, West, Holler, Crouch

O que é a Química Analítica?

É a Análise Instrumental?

A Ciência das Medições Químicas

EDITORIAL

Analytical Chemistry: The Science of Chemical Measurements

ANALYTICAL CHEMISTRY prospers because it continues to evolve and change. Let's look at a little history. In the first half of this century (roughly), analytical chemists were concerned with forms of chemical reactivity that could produce qualitative identifications and quantitative determinations of elements, functional groups, and molecules. In the second half of the century, the use of chemical reactivity has been supplemented by chemical transducers that elicit electrical and optical signals reflecting chemical composition and by increasingly clever strategies to separate complex mixtures.

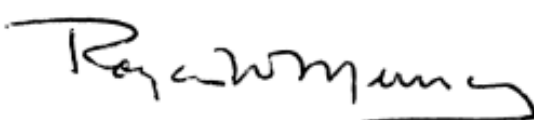
Attendant to the introduction of chemical transducers and separation columns came the science of designing instrument systems for control and measurement. The adoption in the 1950s of a course in our educational apparatus explicitly called "instrumental analysis" indelibly labeled, and nurtured, this subject.

The instrumental evolution of analytical chemistry continues today, and at high speed, and it is yielding a capacity for separation and measurement of chemical composition on scales of complexity and sensitivity that are literally breathtaking. Instrumental analysis is opening many doors to scientific progress, in support of both traditional core areas of chemistry and new ones like biotechnology, materials chemistry, environmental chemistry, chemical toxicology, and small domain chemistry. These are historical facts in which analytical chemists can take justified pride.

A third evolutionary form of analytical chemistry began some time ago, but because of its increasing incidence it deserves explicit recognition and mention in this JOURNAL since it has to do with

what analytical chemistry is and consequently with the scope of the JOURNAL's intellectual turf. The intense research activity in instrumental analysis has evoked much more than a superb capacity for measurements of chemical composition. Analytical chemists have become very good at devising ways to measure all sorts of other things. The users of analytical instruments increasingly are exploiting their inventiveness as chemical measurers to learn to measure and investigate diverse phenomena that range across molecular and supramolecular structures in bulk and at surfaces, homogeneous and heterogeneous chemical reaction rates, excited-state lifetimes, transport rates in solids and membranes, molecular weight distributions, and receptor site specificity, to name just a few. Many workers in different disciplines actually contribute in depth to these activities, but collectively they can all be regarded as "measurements of chemical systems."

This editorial is to suggest that it is useful and appropriate to think about analytical chemistry in an expansive way. Its evolution has made it today the science of inventing and applying the concepts, principles, and instrumental strategies for measuring the characteristics of chemical systems and species. Analytical chemistry needs to appreciate the breadth of its intellectual horizon, and how fertile are its pastures of exploration, to exploit its opportunities to play a full role in the advancement of scientific knowledge.



analytical chemistry in an expansive way. Its evolution has made it today the science of inventing and applying the concepts, principles, and instrumental strategies for measuring the characteristics of chemical systems and species. Analytical chemistry needs to appreciate the breadth of its intellectual horizon,

A Ciência das Medições Químicas

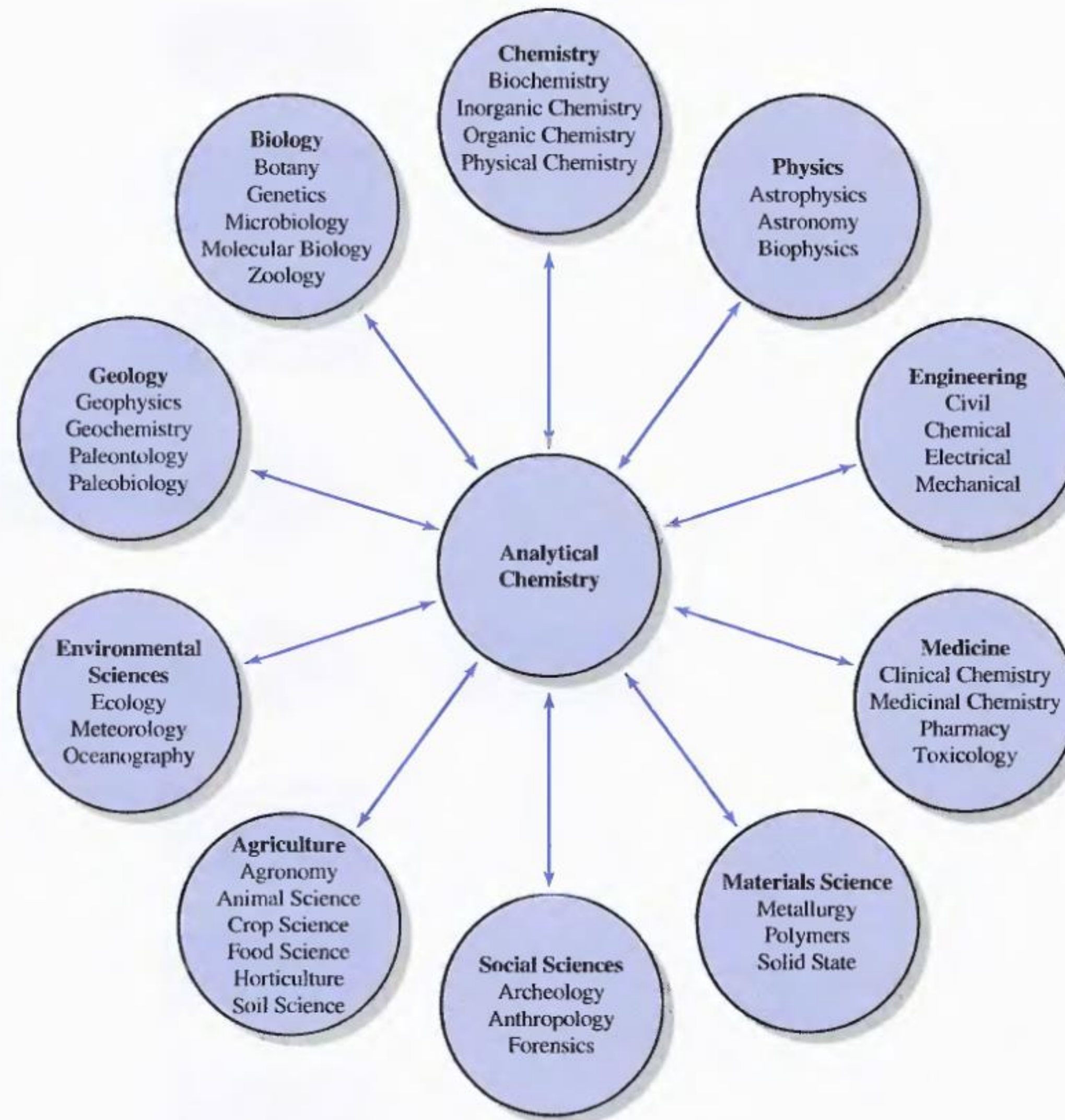


Figure 1-1 The relationship between analytical chemistry, other branches of chemistry, and the other sciences. The central location of analytical chemistry in the diagram signifies its importance and the breadth of its interactions with many other disciplines.

A Ciência das Medições Químicas

Skoog, D.A., et al., Fundamentals of Analytical Chemistry. 8 ed. 2004

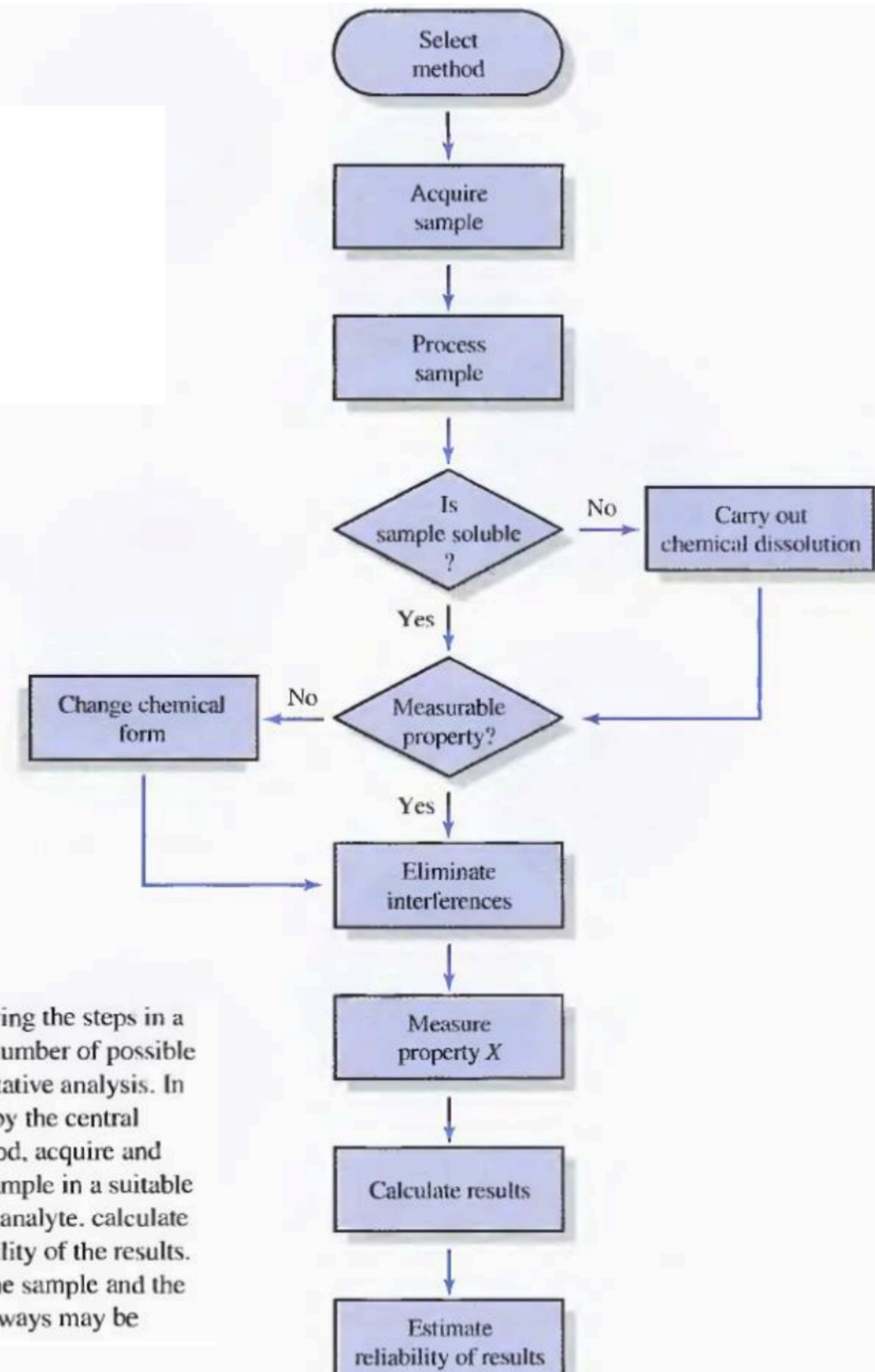


Figure 1-2 Flow diagram showing the steps in a quantitative analysis. There are a number of possible paths through the steps in a quantitative analysis. In the simplest example represented by the central vertical pathway, we select a method, acquire and process the sample, dissolve the sample in a suitable solvent, measure a property of the analyte, calculate the results, and estimate the reliability of the results. Depending on the complexity of the sample and the chosen method, various other pathways may be

Por que estudá-las?

Qual a diferença entre:

“O Analista” e “O Químico-Analítico”?

- Cammann, Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, 1992

Qual a diferença entre: "O Analista" e "O Químico-Analítico"?

The Analytical Chemist

The Analytical Chemist is specialized in providing reliable methods and tools for answering four basic questions about a material sample: What? Where? How much? What arrangement, structure or form?

The Analyst

The Analyst is the user of the analytical methods and instruments developed by the Analytical Chemist to yield reliable and true results if clearly given instructions are properly followed. The Analyst can be any trained person who performs the test and runs the needed measuring instruments in a reliable fashion. In a certain way, any analytical method including the necessary instrumentation can be regarded as a rifle (constructed by the Analytical Chemist) such that every hunter (Analyst) can hit the center of the target (obtaining the right result) without being an expert in ballistics (Analytical Chemistry).

Cammann, K., Analytical Chemistry ? today's definition and interpretation. Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, 1992. 343(11): p. 812-813.

Conceitos importantes

- Analito -
- Matriz
- Amostra = Analito + Matriz
- Interferente
- Branco
- Background / sinal de fundo
- Análise
- Determinação

Conceitos importantes

- Technique:

“... is any chemical or physical principle that can be used to study an analyte.” Harvey

“The principle upon which a group of methods is based.”
Fifield and Kealey

- Method:

“... is the application of a technique for the determination of a specific analyte in a specific matrix.”

Fontes:

David Harvey, *Modern Analytical Chemistry*, McGraw Hill, 2000.

F.W. Fifield and D. Kealey, *Principles and Practice of Analytical Chemistry*, Chapman & Hall, 4th ed, 1995

Conceitos importantes

- Procedure:

“... é um conjunto de instruções escritas detalhando como aplicar um método a uma amostra específica, incluindo informações sobre amostragem adequada, manuseio de interferentes e validação de resultados...”

- Protocol:

“... is a set of stringent written guidelines detailing the procedure that must be followed if the agency specifying the protocol is to accept the results of the analysis.”

O Processo Analítico

1. Definir o Problema
2. Obter uma amostra representativa
3. Preparar a amostra
4. Fazer a medição
5. Calcular o resultado

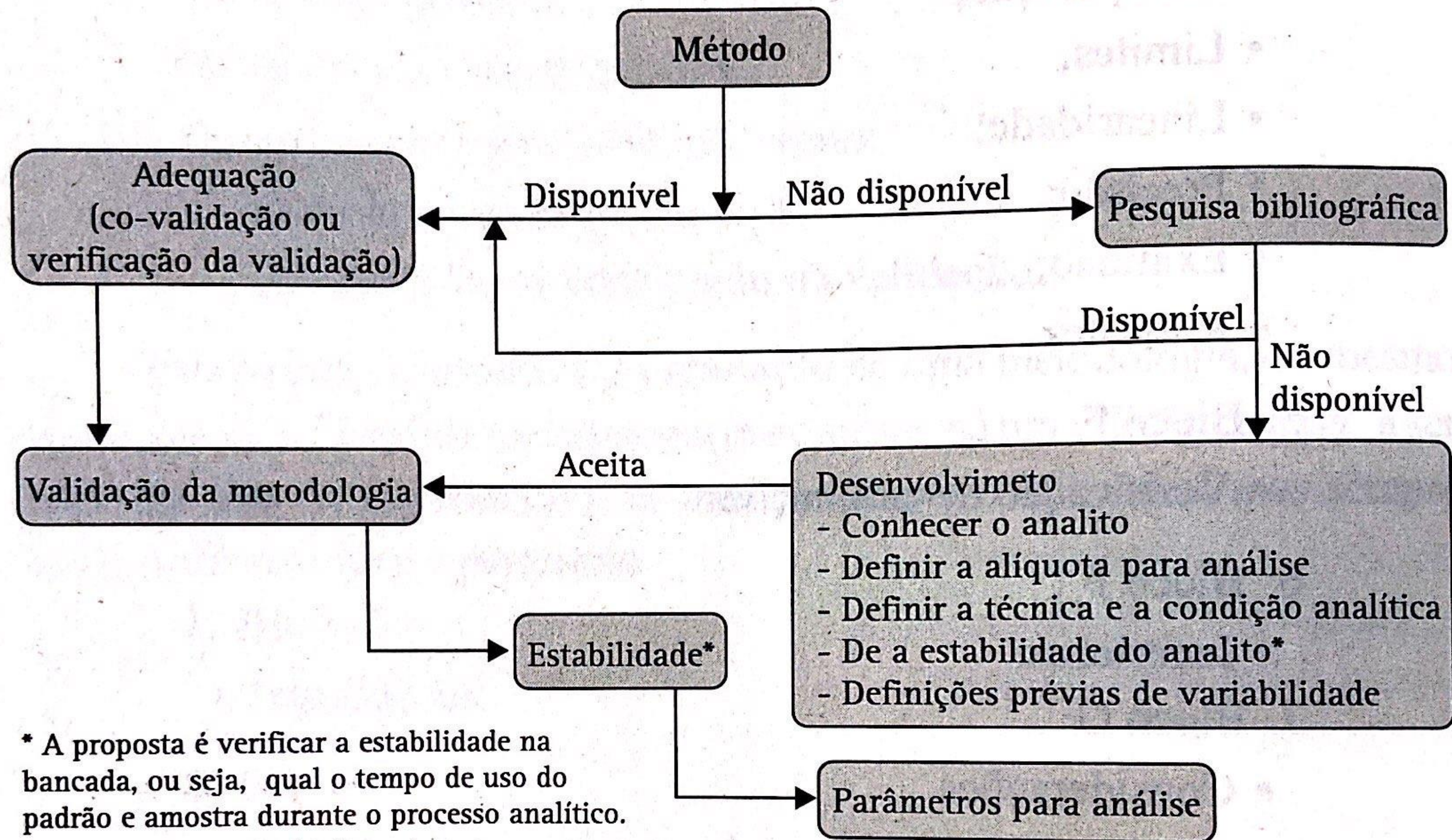
Validação de métodos analíticos

1. Definir o problema

- Qual a informação necessária?
- O que se deseja saber sobre a amostra?

Fatores que influenciam o método analítico:

- Habilidades / treinamento do analista
- Técnicas e instrumentos a serem usados
 - Sensibilidade e precisão requeridos
 - Custo e orçamento disponível
 - Tempo disponível para a análise
 - Urgência para os resultados
 - O tipo de amostra e.g. Método EPA p/ água subterrânea aplicado a água de esgoto



* A proposta é verificar a estabilidade na bancada, ou seja, qual o tempo de uso do padrão e amostra durante o processo analítico.
 Obs.: O tempo pesquisado será o obtido durante o processo de validação do método.

2. Obter uma amostra representativa

- Sólido, líquido ou gás
- Homogêneo ou heterogêneo

Agência **FAPESP** NOTÍCIAS AGENDA VÍDEOS ASSINE

f t i y r 28

Método criado por brasileiros facilita descoberta de marcadores para detectar doenças

27 de fevereiro de 2020

f t i w +

🔄 📧 📄

André Julião | Agência FAPESP – A análise do conjunto de proteínas existente no plasma sanguíneo pode revelar diversos processos ocorridos no organismo e até mesmo ajudar a diagnosticar algumas doenças.

Esse tipo de estudo é feito com uma pequena parte do plasma. Isso porque 90% da massa proteica do fluido corresponde a apenas 14 moléculas. Os 10% restantes são compostos por milhares de proteínas diferentes, entre elas algumas usadas como marcadores de processos biológicos.

Antes de realizar uma análise proteômica, portanto, pesquisadores costumam separar quimicamente as proteínas mais e menos abundantes do plasma. O processo é conhecido como depleção.

No entanto, pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) mostraram que essa separação não é tão precisa quanto se imaginava e pode deixar proteínas importantes de fora das análises.

Ao estudar as moléculas mais abundantes no fluido, normalmente descartadas, os cientistas notaram que estavam ligadas a outras menos abundantes, que supostamente estariam na parte do plasma usada nas análises. A pesquisa, [apoiada](#) pela FAPESP, mostrou que algumas dessas proteínas normalmente desprezadas regulam processos biológicos importantes e poderiam servir como marcadores de doenças.

Os resultados do estudo foram [publicados](#) na revista *Separation Science Plus*.



Investigação foi conduzida no mestrado de Licia Carla da Silva Costa, no âmbito de um projeto dedicado à busca de biomarcadores para a esquizofrenia coordenado por Daniel Martins-de-Souza (foto: arquivo pessoal)

Método criado por brasileiros facilita descoberta de marcadores para detectar doenças

27 de fevereiro de 2020



André Julião | Agência FAPESP – A análise do conjunto de proteínas existente no plasma sanguíneo pode revelar diversos processos ocorridos no organismo e até mesmo ajudar a diagnosticar algumas doenças.

Esse tipo de estudo é feito com uma pequena parte do plasma. Isso porque 90% da massa proteica do fluido corresponde a apenas 14 moléculas. Os 10% restantes são compostos por milhares de proteínas diferentes, entre elas algumas usadas como marcadores de processos biológicos.

Antes de realizar uma análise proteômica, portanto, pesquisadores costumam separar quimicamente as proteínas mais e menos abundantes do plasma. O processo é conhecido como depleção.

No entanto, pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) mostraram que essa separação não é tão precisa quanto se imaginava e pode deixar proteínas importantes de fora das análises.

Ao estudar as moléculas mais abundantes no fluido, normalmente descartadas, os cientistas notaram que estavam ligadas a outras menos abundantes, que supostamente estariam na parte do plasma usada nas análises. A pesquisa, [apoiada](#) pela FAPESP, mostrou que algumas dessas proteínas normalmente desprezadas regulam processos biológicos importantes e poderiam servir como marcadores de doenças.

Os resultados do estudo foram [publicados](#) na revista *Separation Science Plus*.



Investigação foi conduzida no mestrado de Licia Carla da Silva Costa, no âmbito de um projeto dedicado à busca de biomarcadores para a esquizofrenia coordenado por Daniel Martins-de-Souza (foto: arquivo pessoal)

“Investigar biomarcadores de doenças mentais é o foco de nosso laboratório. Mas o principal achado deste estudo é que essa **fração de proteínas abundantes não deve ser descartada nesse tipo de análise**”, disse Costa.

2. Obter uma amostra representativa

- Amostragem:

- Amostra bruta ("gross sample")
 - gross sample => sample (laboratory) => analysis sample
- Combinação de amostras -> gross sample (maior a partícula, maior a amostra)
 - "Statistics of sampling "
- Redução de tamanho para amostra de laboratório
 - Quarteamento, trituração
- Fluidos biológicos / particularidades de cada amostra
 - Tipo de amostra: sangue, urina, tecidos, outros
 - Jejum
 - Frações separadas: sangue total, plasma, soro, papa de hemácias
 - Anticoagulantes, aditivos para coagulação

2. Obter uma amostra representativa

- Decomposição / estabilidade:
 - Temperatura, tempo, conservantes, pH
 - Adsorção nas paredes do frasco (traços)

3. Preparar a amostra

- Quantidade de amostra analisada (massa, volume):

Exemplos: 2 gramas de leite em pó, 80 μL de plasma

- Replicatas

- Amostras orgânicas e inorgânicas

- Abertura (trituração, dissolução, digestão)

Digestão: oxidação úmida de compostos orgânicos

- Extração (exemplos: SPE e LLE)

- Brancos (especialmente para traços e ultra-traços)

4. Fazer a medição

- Escolha da técnica e método
 - Clássicas
 - Instrumentais
 - Absolutas - independe de calibração
 - Relativas => calibração

5. Calcular o resultado

- Absolutas
- Relativa
- Precisão (replicatas)

Validação de um método

1. Tipos de erros

1. Grosseiros (devem ser totalmente evitados)
2. Determinados / sistemáticos => bias / viés (tendência) – operador, reag. e equip., método analítico
3. Indeterminados / aleatórios (random or accidental) => distribuição (gaussiana)

2. Algarismos significativos e operações (propagação de erros)

3. Standard Reference Materials (SRM) / MRC ou padrão de referência

4. Quality Control Charts (cartas de controle de qualidade)

- 1 em 20 para +/- 2,0 x SD 1 em 100 para +/- 2,5 x SD

5. Testes de significância: teste F, teste t etc

6. Rejeição de resultados: teste Q, teste de Grubbs

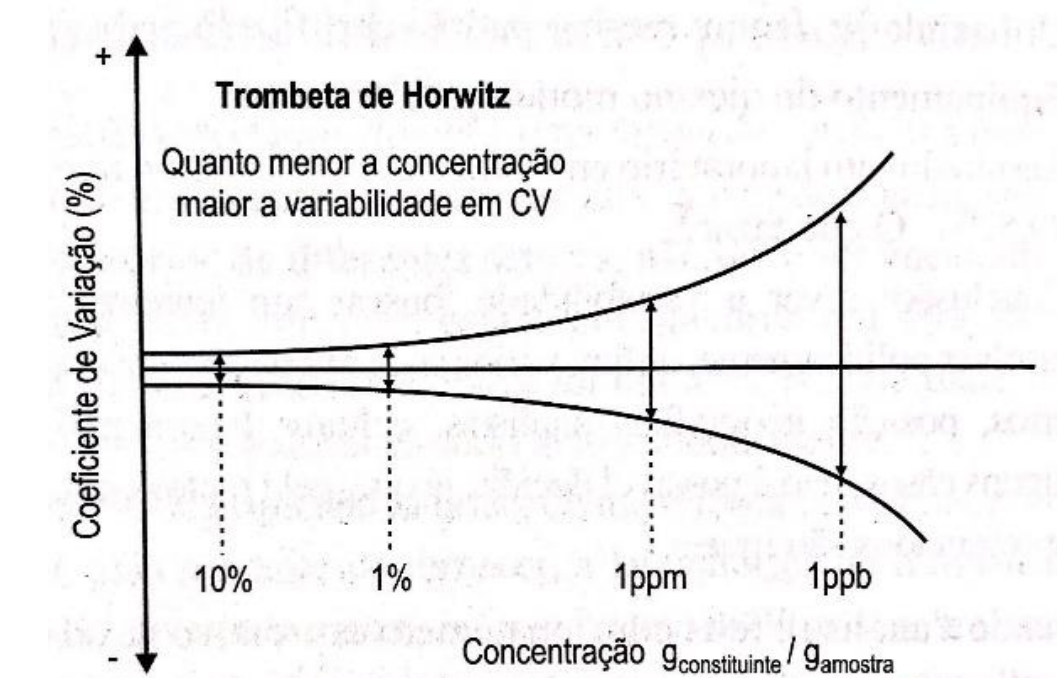
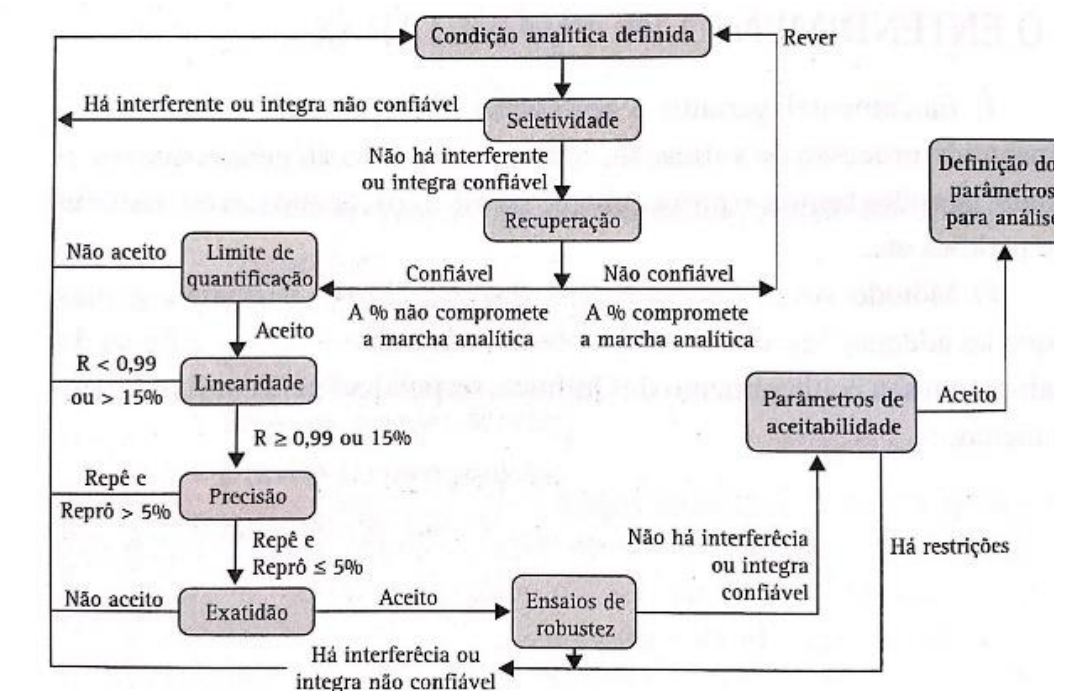
7. Parâmetros importantes:

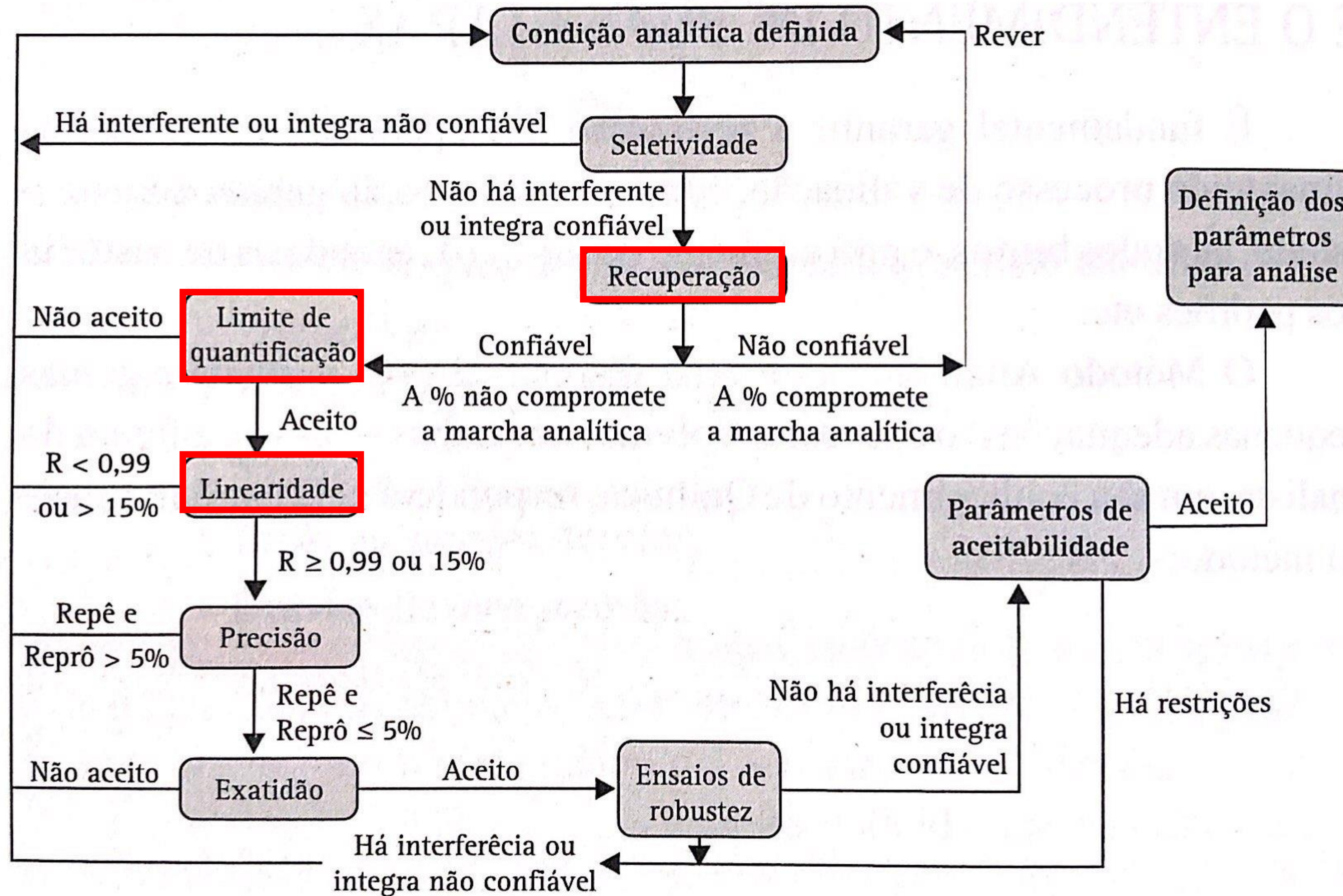
- Seletividade (e o conceito de sensibilidade)
- Limites de detectabilidade e quantificação
- Linearidade (calibração)

– método LLS (m , b , s_y , s_b , s_m ; r)

– pontual, multi, compatibilização, adições de padrão

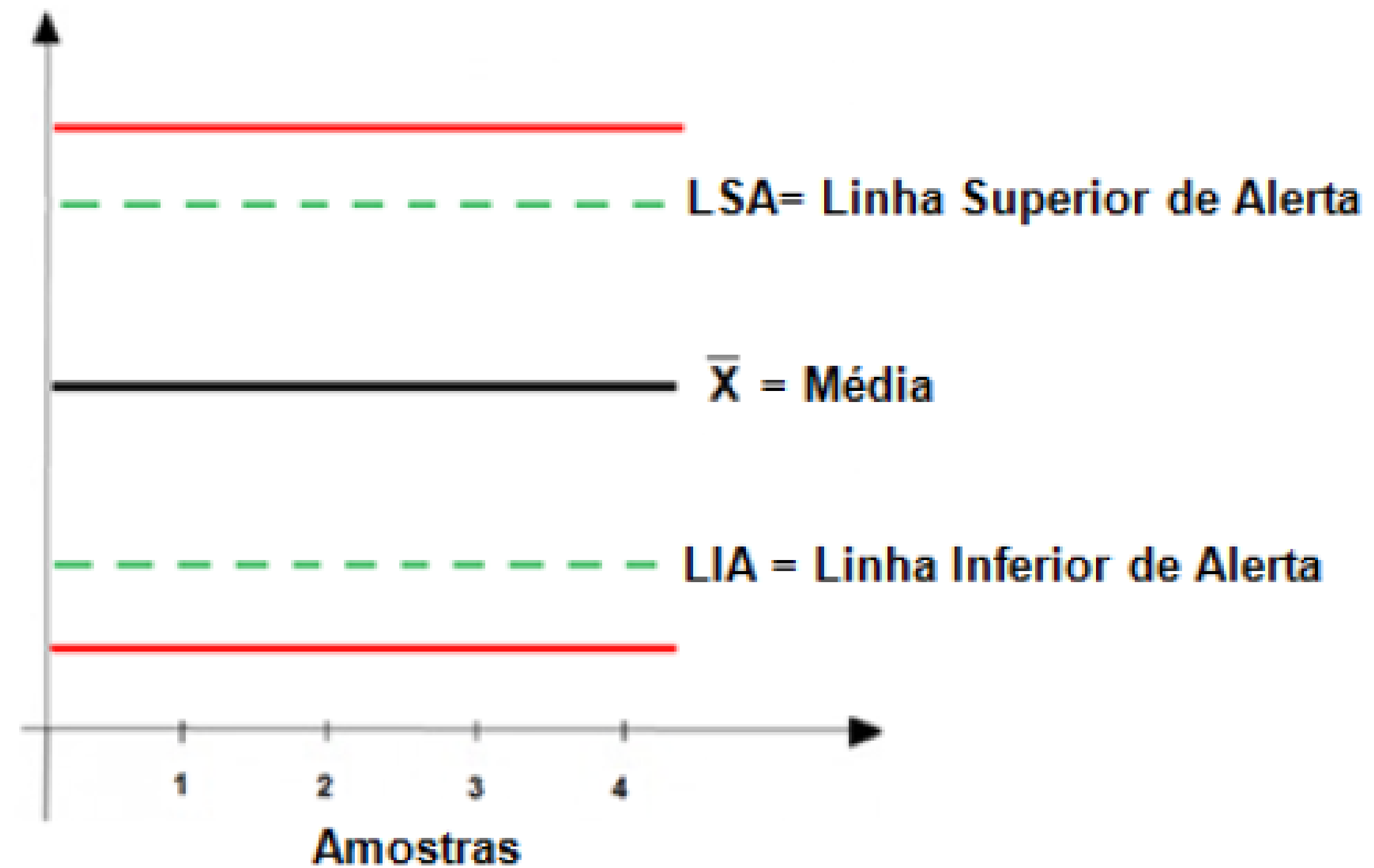
- **Precisão** / intervalo de confiança
- **Exatidão**
- Robustez
- Parâmetros de aceitabilidade





Fonte: Flávio Leite, Validação em Análise Química, Ed. Átomo, 5ª ed., 2008.

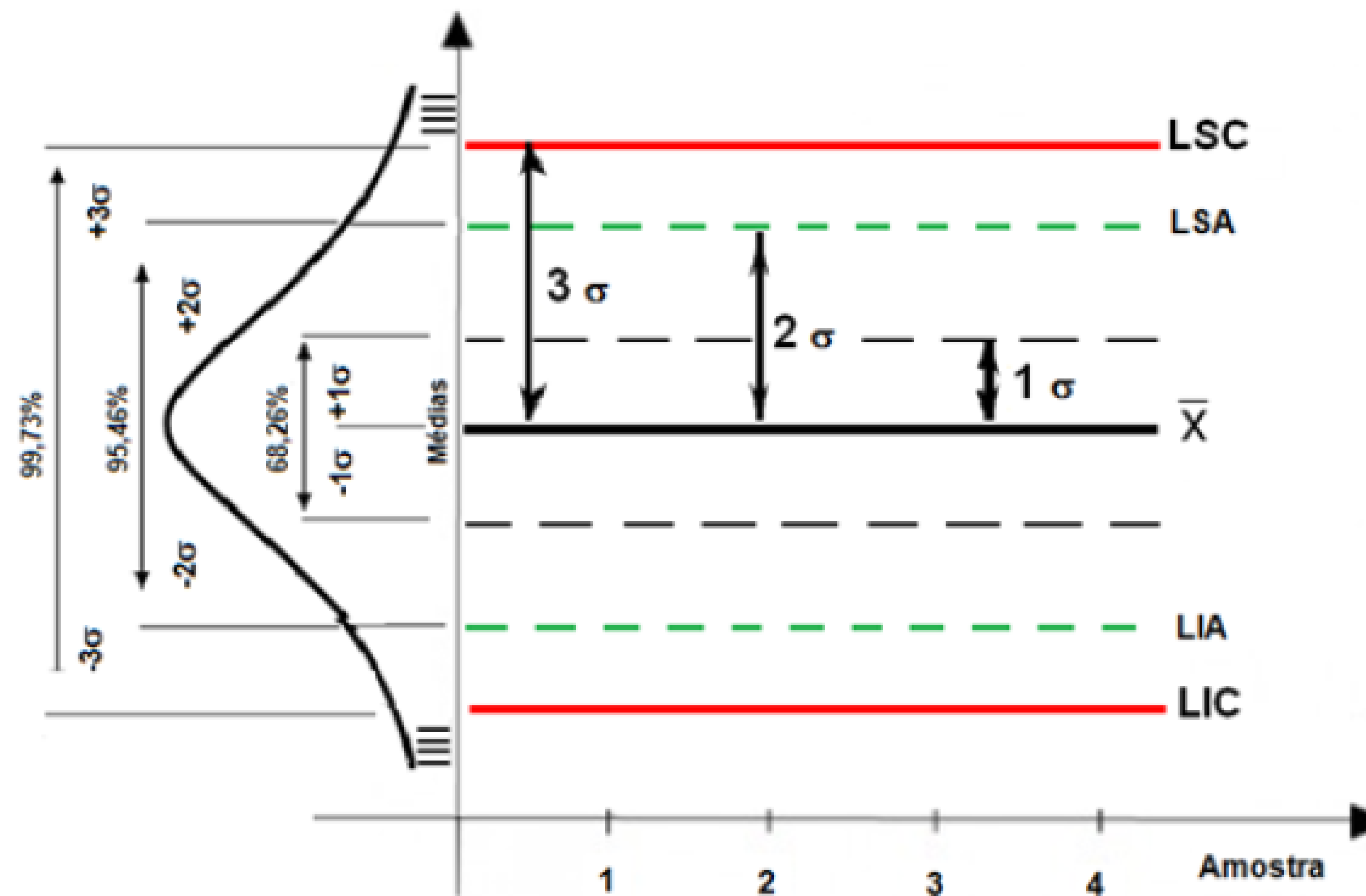
Gráficos / cartas de controle



Rodrigues, Mônica de Cássia. Aplicação de Cartas de Controle nas Análises de Rotina do Laboratório de Qualidade do Leite da Embrapa Gado de Leite. Diss. Mestrado. UFJF. 2015.

http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFJF_94164a972a45701c36316674fc74a6d7

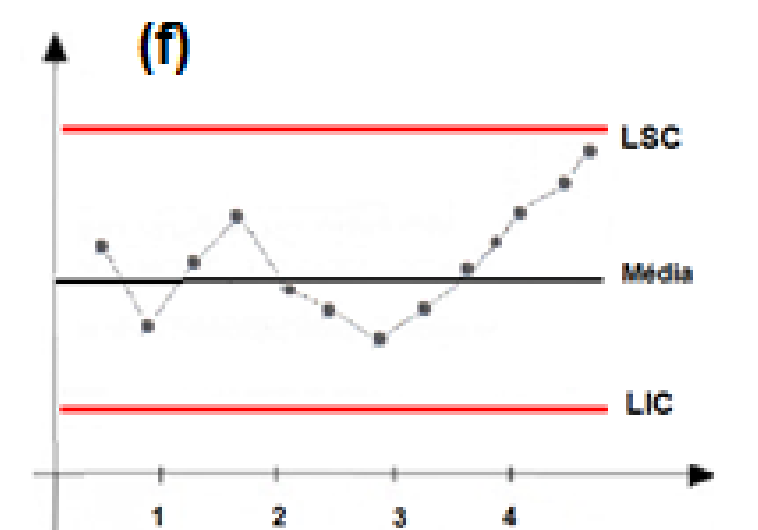
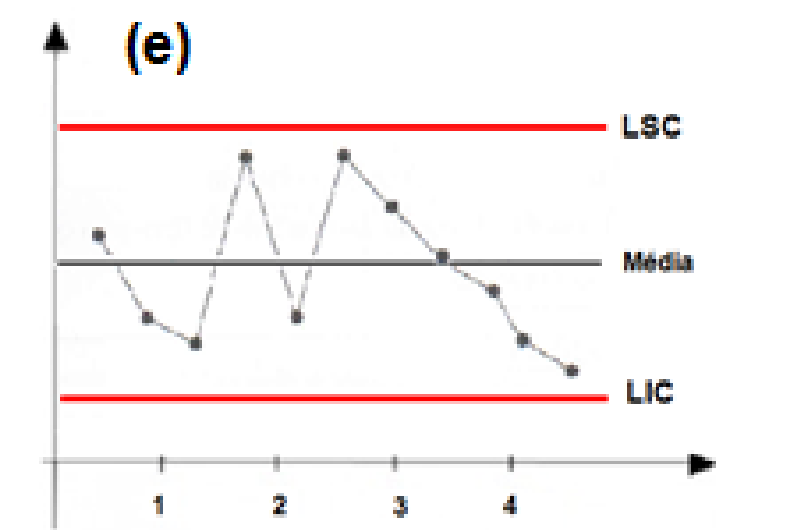
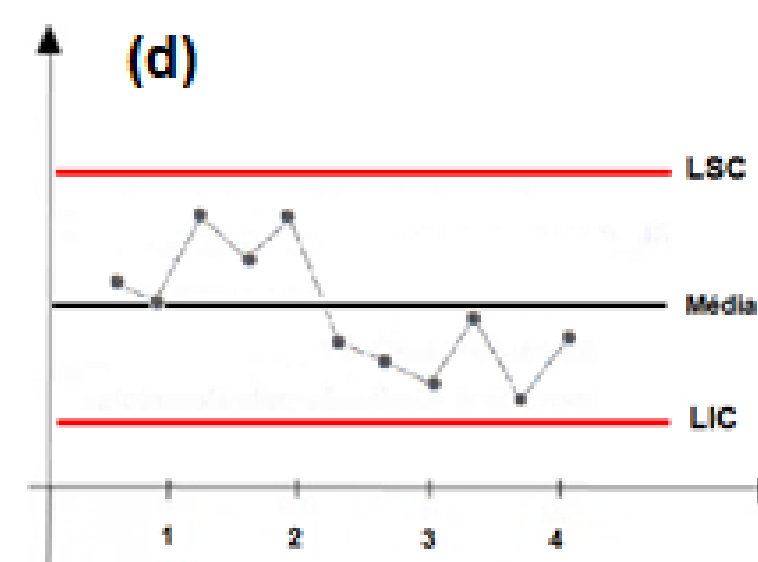
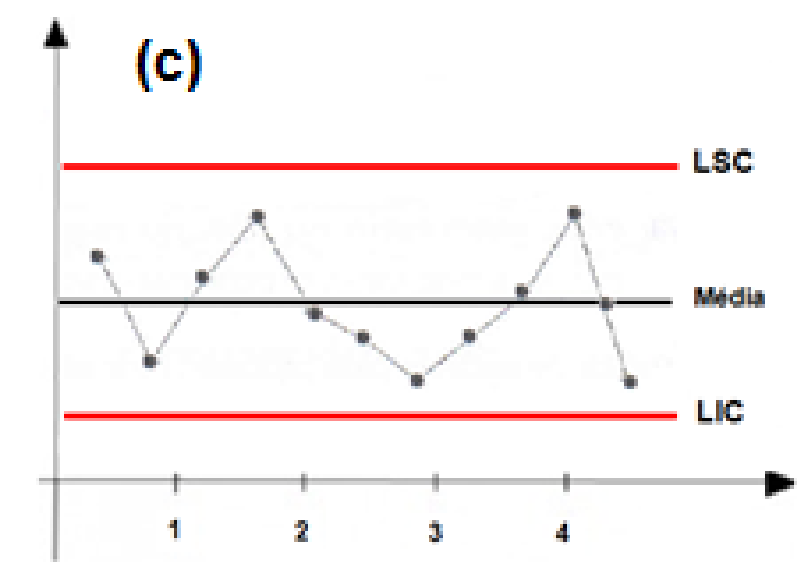
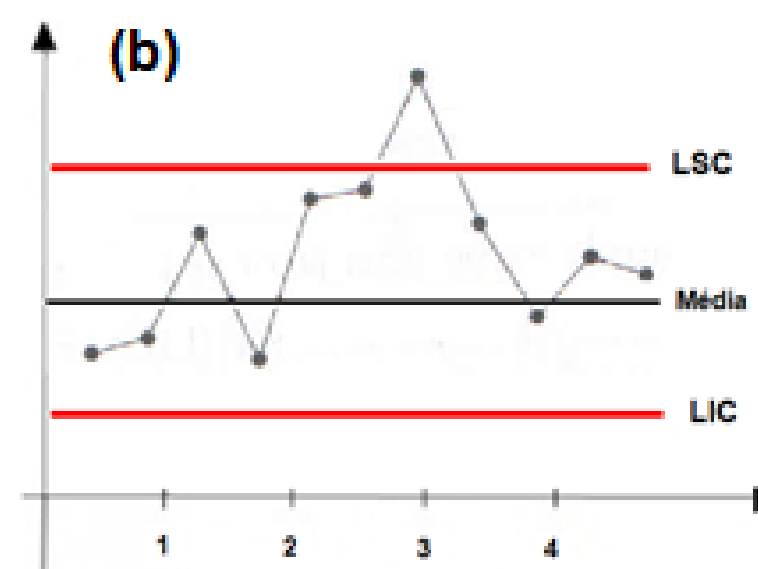
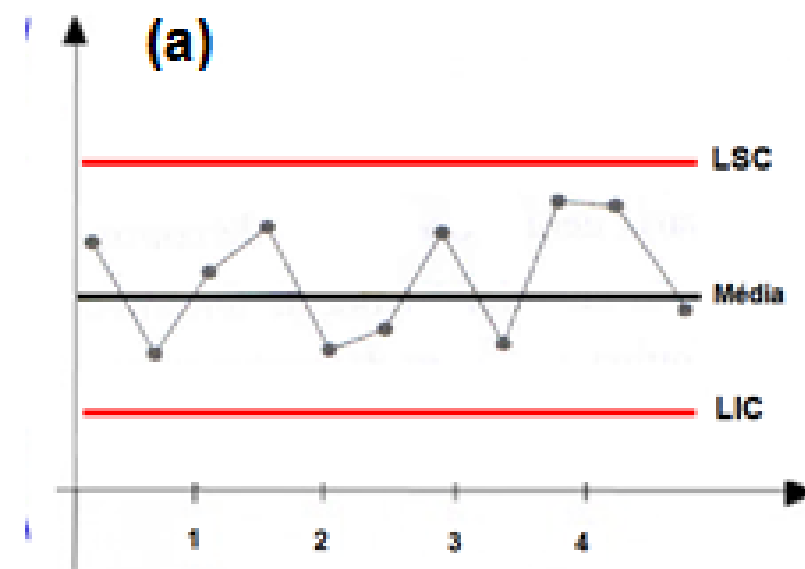
<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/1447> -> texto completo



Rodrigues, Mônica de Cássia. Aplicação de Cartas de Controle nas Análises de Rotina do Laboratório de Qualidade do Leite da Embrapa Gado de Leite. Diss. Mestrado. UFJF. 2015.

http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFJF_94164a972a45701c36316674fc74a6d7

<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/1447> -> texto completo



Exemplos de limites de controle:

- (a) Processo sob controle
- (b) Processo fora do controle
- (c) Processo com periodicidade
- (d) Processo com estratificação
- (e) Processo com tendência decrescente
- (f) Processo com tendência crescente.

Rodrigues, Mônica de Cássia. Aplicação de Cartas de Controle nas Análises de Rotina do Laboratório de Qualidade do Leite da Embrapa Gado de Leite. Diss. Mestrado. UFJF. 2015.

http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UFJF_94164a972a45701c36316674fc74a6d7

<https://repositorio.ufjf.br/jspui/handle/ufjf/1447> -> texto completo

Curva de calibração (linearidade)

Modelo matemático que estabelece uma relação entre a resposta instrumental e a concentração do analito;

Métodos de padronização - melhor exatidão possível, além de um elevado nível de precisão;

- Padronização externa
- Padronização interna
- Padronização por adição de padrão

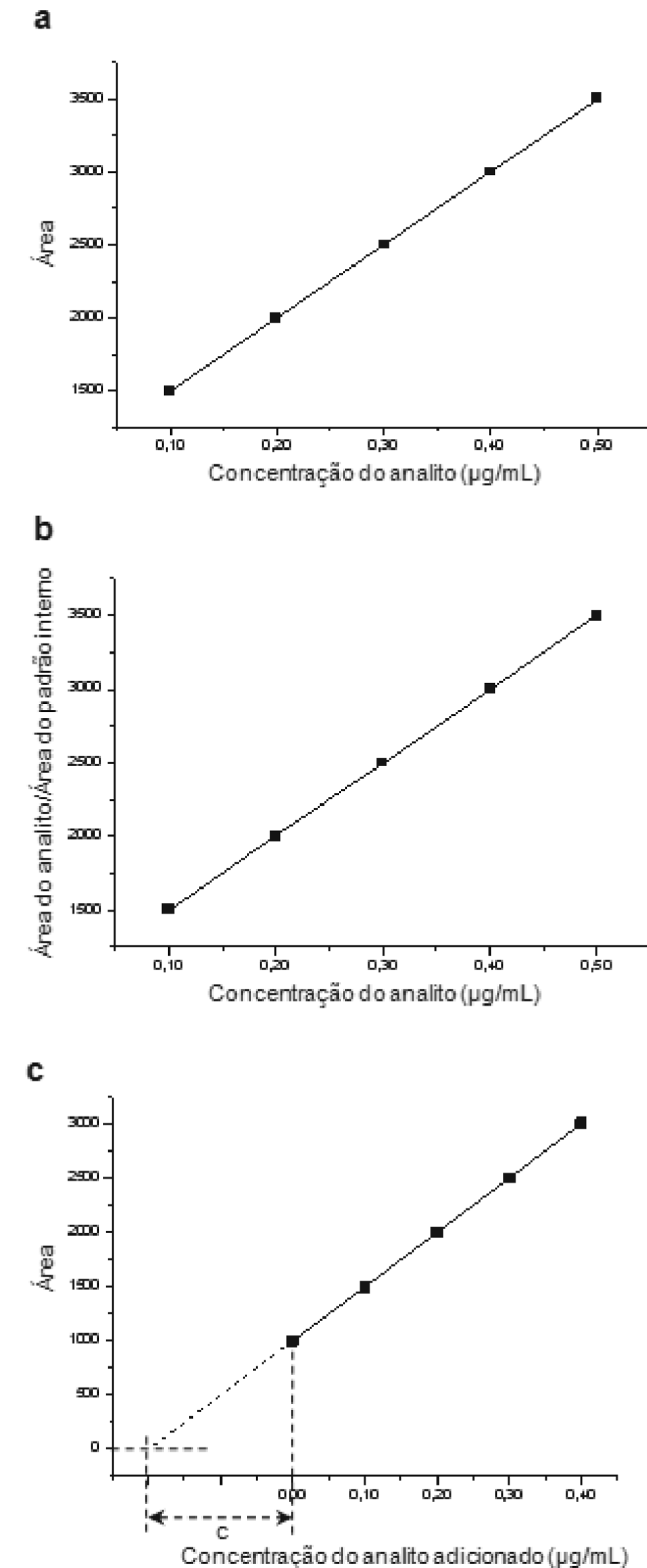


Figura 2. Métodos de padronização para curva de calibração. a) padrão externo; b) padrão interno e c) adição de padrão

Precisão e exatidão

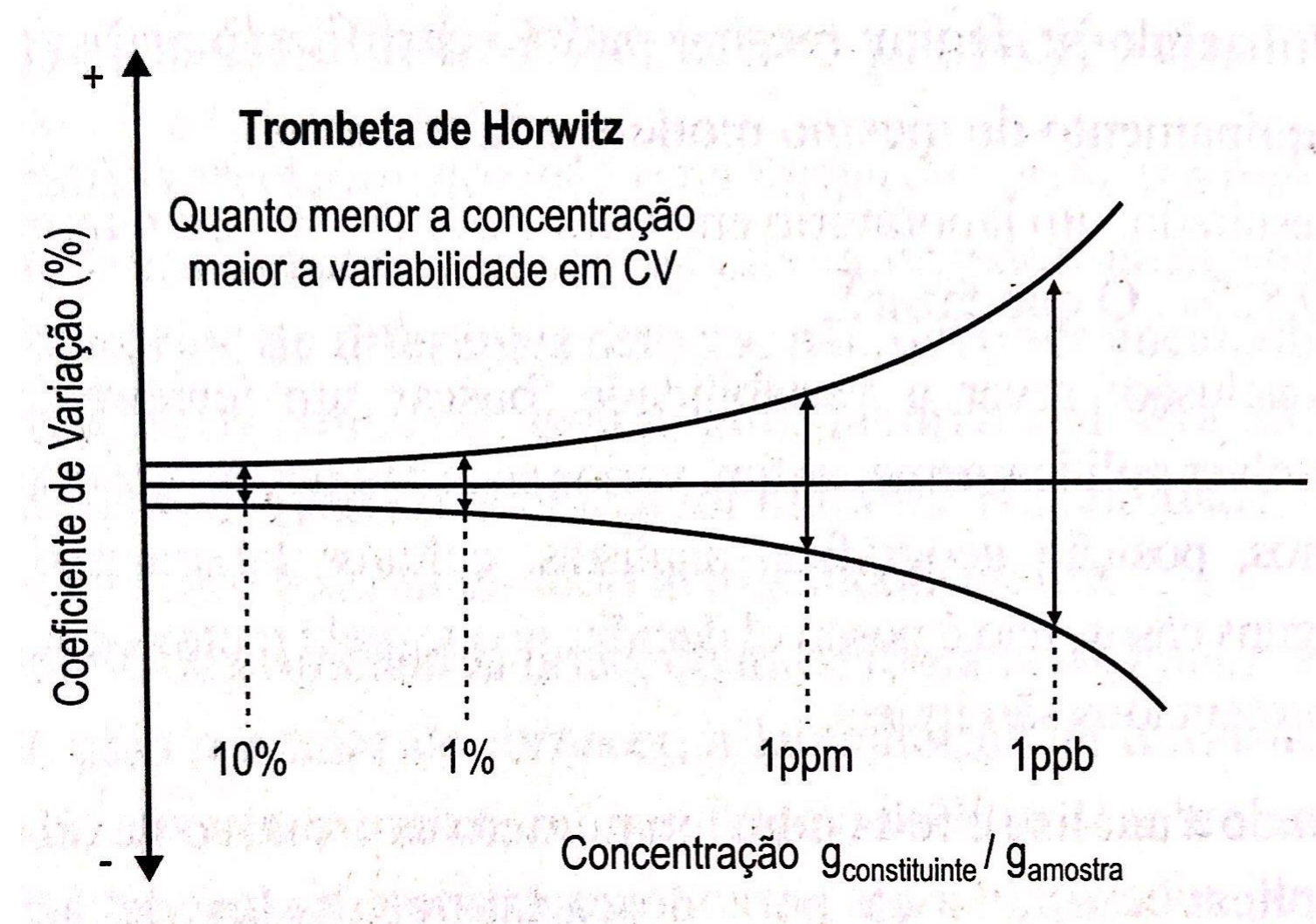
Principais critérios utilizados para julgar a qualidade de um método analítico

$$s = \sqrt{\frac{(x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$\text{DPR (\%)} \text{ ou } \text{CV (\%)} = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

Exatidão

$$\text{Exatidão (\%bias)} = \left(\frac{x_i - x}{x} \right) \times 100$$



Fonte: Flávio Leite, Validação em Análise Química, Ed. Átomo, 5ª ed., 2008.

Limites de detecção

Método visual

É utilizado para determinar o limite de detecção utilizando a matriz com adição de concentrações conhecidas da substância de interesse, de tal modo que se possa distinguir entre ruído e sinal analítico pela visualização da menor concentração visível (detectável). Este procedimento também pode ser feito através do instrumento utilizando parâmetros de detecção no método de integração.

Método da relação sinal-ruído

Este método pode ser aplicado somente em procedimentos analíticos que mostram o ruído da linha de base. Para determinar a relação sinal-ruído, é feita a comparação entre a medição dos sinais de amostras em baixas concentrações conhecidas do composto de interesse na matriz e um branco (matriz isenta do composto de interesse) destas amostras. Assim, é estabelecida uma concentração mínima na qual a substância pode ser facilmente detectada. A relação sinal-ruído pode ser de 3:1 ou 2:1, proporções geralmente aceitas como estimativas do limite de detecção.

Método baseado em parâmetros da curva analítica

O limite de detecção (LD) pode ser expresso como:

$$LD = 3,3 \times \frac{s}{S}$$

onde s é a estimativa do desvio padrão da resposta, que pode ser a estimativa do desvio padrão do branco, da equação da linha de regressão ou do coeficiente linear da equação e S é a inclinação ("slope") ou coeficiente angular da curva analítica

Limites de quantificação

Os mesmos critérios de LD podem ser adotados para o LQ, utilizando a relação 10:1, ou seja, o LQ pode ser calculado utilizando o método visual, a relação sinal-ruído ou a relação entre a estimativa do desvio padrão da resposta (s) (que pode ser a estimativa do desvio padrão do branco, da equação da linha de regressão ou do coeficiente linear da equação) e a inclinação da curva analítica (S), em níveis próximos ao LQ, a partir da equação:

$$LQ = 10 \times \frac{s}{S}$$

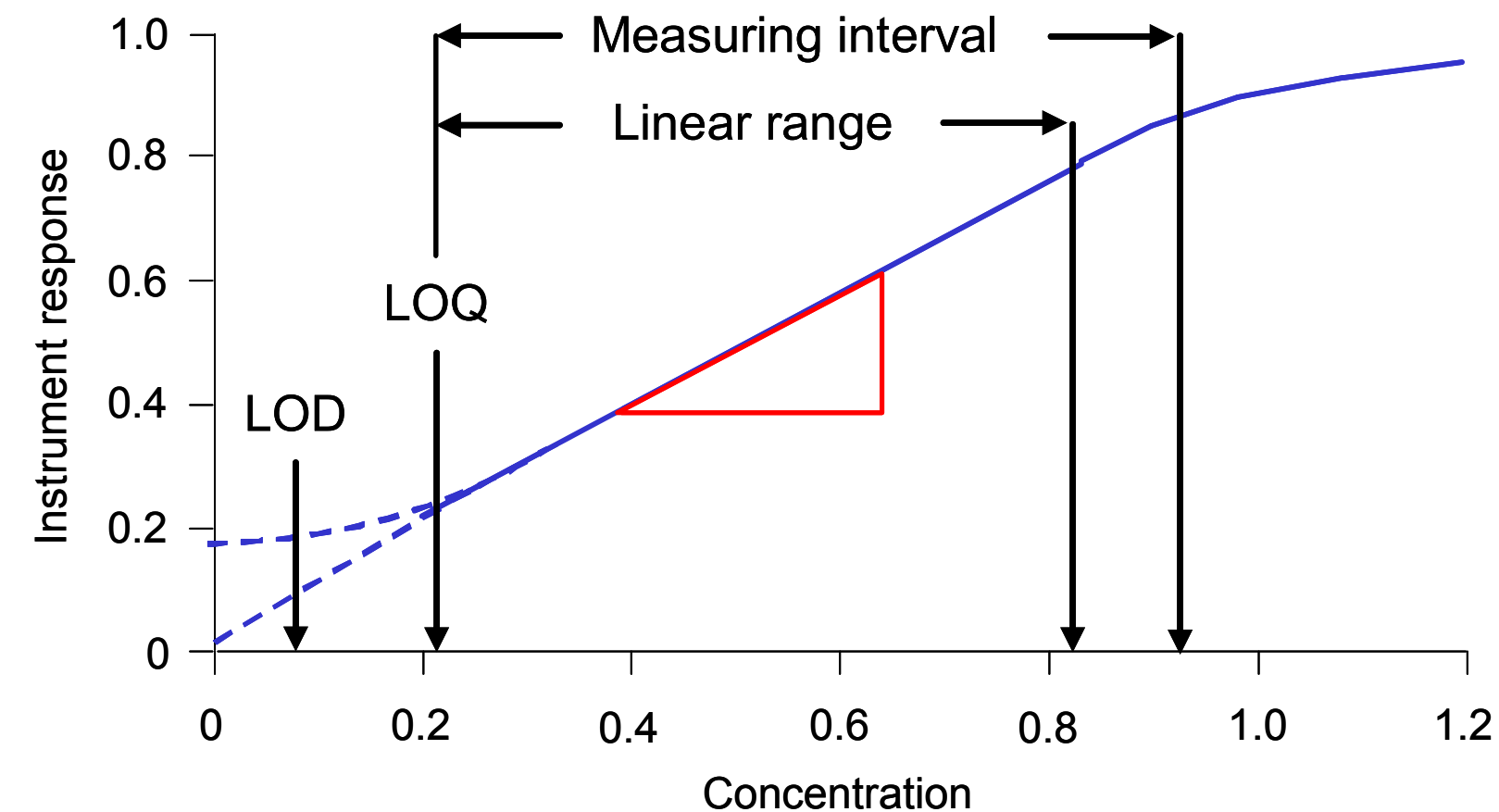


Figure 3 A calibration curve showing instrument response (indication) versus concentration; the measurement interval, linear range, LOQ and LOD are identified. The triangle illustrates the calculation of the sensitivity or the slope of the calibration curve ($=\Delta\text{indication}/\Delta\text{concentration}$). Figure reproduced from ref [3] by permission of Eurachem.

<https://enfsi.eu/wp-content/uploads/2017/06/Guidance-QCC-VAL-002.pdf>

EXTRA -- Água para Análises Químicas

- **Contaminantes:**

1ª classe: solutos inorgânicos

2ª classe: solutos orgânicos

3ª classe: partículas e colóides

4ª classe: bactérias, fungos e vírus

5ª classe: gases

- **Especificações ASTM: D1193**

1.1 This specification covers requirements for water suitable for use in methods of chemical analysis and physical testing. Four grades are specified:

	Type I	Type II	Type III	Type IV
Electrical conductivity, max, $\mu\text{S}/\text{cm}$ at 298 K (25°C)	0.056	1.0	0.25	5.0
Electrical resistivity, min, M $\Omega\cdot\text{cm}$ at 298 K (25°C)	18	1.0	4.0	0.2
pH at 298 K (25°C)	A	A	A	5.0 to 8.0
Total organic carbon (TOC), max, $\mu\text{g}/\text{L}$	50	50	200	no limit
Sodium, max, $\mu\text{g}/\text{L}$	1	5	10	50
Chlorides, max, $\mu\text{g}/\text{L}$	1	5	10	50
Total silica, max, $\mu\text{g}/\text{L}$	3	3	500	no limit

Microbiological contamination-When bacterial levels need to be controlled, reagent grade types should be further classified as follows:

	Type A	Type B	Type C
Maximum heterotrophic bacteria count	10/1000 mL	10/100 mL	100/10 mL
Endotoxin, EU/ml ^B	0.03	0.25	not applicable

^AThe measurement of pH in Type I, II, and III reagent waters has been eliminated from this specification because these grades of water do not contain constituents in sufficient quantity to significantly alter the pH.

^BEU = Endotoxin Units.

<https://www.astm.org/DATABASE.CART/HISTORICAL/D1193-99.htm>

<https://www.astm.org/Standards/D1193.htm>

Referência: Cienfuegos, F. & Vaitsman, D. Análise Instrumental, DEDALIS_IQSC: 543.08 C487a

1.2 The method of preparation of the various grades of reagent water determines the limits of impurities and shall be as follows:

1.2.1 Type I grade of reagent water shall be prepared by distillation or other equal process, followed by polishing with a mixed bed of ion exchange materials and a 0.2- μm membrane filter. Feedwater to the final polishing step must have a maximum conductivity of 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ at 298K (25°C).

1.2.2 Type II grade of reagent water shall be prepared by distillation using a still designed to produce a distillate having a conductivity of less than 1.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ at 298 K (25°C). Ion exchange, distillation, or reverse osmosis and organic adsorption may be required prior to distillation if the purity cannot be attained by single distillation.

Note 1—Because distillation is a process commonly relied upon to produce high purity water, the levels specified for Type II reagent water were selected to represent the minimum quality of water that a distillation process should produce.

1.2.3 Type III grade of reagent water shall be prepared by distillation, ion exchange, continuous electrodeionization reverse osmosis, or a combination thereof, followed by polishing with a 0.45- μm membrane filter.

1.2.4 Type IV grade of reagent water may be prepared by distillation, ion exchange, continuous electrodeionization reverse osmosis, electrodialysis, or a combination thereof.

1.3 The choice of one of the various grades may be designated by the method or by the investigator.

EXTRA -- Água para Análises Químicas

- **Tecnologias de purificação:**

- Destilação
- De(s)ionização
- Osmose reversa
- Eletrodeionização contínua
- Microfiltração
- Ultrafiltração
- Carvão ativado
- Radiação UV



<https://www.wotol.com/product/others/1808445>