

IONE MARIA FERREIRA DE OLIVEIRA
CLÉSIA CRISTINA NASCENTE
ISABEL CRISTINA PEREIRA FORTES
MARIA JOSÉ DE SOUSA FERREIRA DA SILVA
SIMONE DE FÁTIMA BARBOSA TÓFANI

ANÁLISE QUALITATIVA

Belo Horizonte
Editora UFMG
2006

© 2006, OS AUTORES

© 2006, Editora UFMG

Este livro ou parte dele não pode ser reproduzido por qualquer meio sem autorização escrita do Editor.

A532 Análise qualitativa / Ione Maria de Oliveira *et al.*
- Belo Horizonte : Editora UFMG, 2006.

128 p. – il(Educação a Distancia)

Inclui referências.

ISBN: 85-7041-544-3

ISBN: 85-7041-542-7 (Série)

1. Química analítica qualitativa. I. Nascentes, Clésia Cristina.
II. Série

CDD: 544

CDU: 543

Ficha catalográfica elaborada pela CCQC - Central de Controle de Qualidade da Catalogação da Biblioteca
Universitária da UFMG

Este livro recebeu o apoio financeiro da Secretaria de Educação a Distância do MEC.

Coordenação de Produção de Textos de Química: Amary César Ferreira

EDITORAÇÃO DE TEXTOS: Ana Maria de Moraes

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO: Maria do Rosário Alves Pereira

REVISÃO DE PROVAS: Eduardo Martins, Maria do Rosário Alves Pereira, Priscilla I. Felipe

PRODUÇÃO GRÁFICA: Warren M. Santos

PROJETO GRÁFICO e CAPA: Eduardo Ferreira

FORMATAÇÃO: Warren M. Santos

EDITORA UFMG

Av. Antônio Carlos, 6.627 - Ala direita da Biblioteca Central - Térreo

Campus Pampulha - 31270-901 - Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3499-4650 - Fax: (31) 3499-4768

www.editora.ufmg.br - editora@ufmg.br

PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO

Av. Antônio Carlos, 6.627 - Reitoria - 6º andar

Campus Pampulha - 31270-901 - Belo Horizonte - MG

Tel.: (31) 3499-4654 - Fax: (31) 3499-4060

www.ufmg.br - info@prograd.ufmg.br - educacaoadistancia@ufmg.br

O Curso de Licenciatura em Química da UFMG, modalidade a distância, foi concebido tendo em vista dois princípios fundamentais. O primeiro deles se refere à democratização do acesso à educação superior; o segundo consiste na formação de professores de alto nível, comprometidos com a qualidade da educação no país.

A coletânea da qual este volume faz parte visa dar suporte aos estudantes do Curso. Cada volume está relacionado com um tema, eleito como estruturante na matriz curricular. Ele apresenta os conhecimentos mínimos que são considerados essenciais no estudo do tema. Isto não significa que o estudante deva se limitar somente ao estudo do volume. Ao contrário, ele é o ponto de partida na busca de um conhecimento mais amplo e aprofundado sobre o assunto. Nessa direção, cada volume apresenta uma bibliografia, com indicação de obras impressas e obras virtuais, que deverá ser consultada à medida que se fizer necessário.

Cada volume da coletânea está dividido em aulas, que consistem em unidades de estudo do tema tratado. Os objetivos, apresentados em cada início de aula, indicam as competências e habilidades que o estudante deve adquirir ao término de seu estudo. As aulas podem se constituir em apresenta, reflexões e indagações teóricas, em experimentos ou em orientações para atividades a serem realizadas pelos estudantes.

Para cada aula ou conjunto de aula, foi elaborada uma auto-avaliação, com o objetivo de levar o estudante a avaliar o seu progresso e a desenvolver estratégias de metacognição ao se conscientizar dos diversos aspectos envolvidos em seus processos cognitivos. A auto-avaliação auxiliará o estudante a tornar-se mais autônomo, responsável, crítico, capaz de desenvolver sua independência intelectual. Caso ela mostre que as competências e habilidades indicadas nos objetivos não foram alcançadas, ele deverá estudar com mais afinco e atenção o tema proposto, reorientar seus estudos ou buscar ajuda dos tutores, professores especialistas e colegas.

Agradecemos a todas as instituições que colaboraram na produção desta coletânea. Em particular, agradecemos às pessoas (autores, coordenador da produção gráfica, coordenadores de redação, desenhistas, diagramadores, revisores) que dedicaram seu tempo e esforço na preparação desta obra que, temos certeza, em muito contribuirá para a educação brasileira.

Maria do Carmo Vila
Coordenadora do Centro de Apoio à Educação a Distância

UFMG

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO À ANÁLISE QUALITATIVA	13
	1. Introdução	13
	1.1 Princípios da Análise Qualitativa Inorgânica.	15
	1.2 Reagentes na Análise Qualitativa	16
	1.3 Procedimentos para efetuar reações analíticas	17
	1.4 Condições para realização das reações: especificidade, sensibilidade e seletividade.	19
	1.5 Escala de análise	21
	2. Classificação analítica de cátions e ânions	22
	3. Cuidados na execução da aula prática	24
Aula 1	IDENTIFICAÇÃO E SEPARAÇÃO DOS CÁTIOS DO GRUPO I	27
	Objetivos	27
	1. Introdução	27
	2. Aspectos gerais do Grupo I.	28
	2.1 Reagente de grupo	28
	2.2 Reação de grupo	29
	2.3 Características do grupo	29
	3. Procedimento para os testes de identificação dos cátions do Grupo I.	30
	3.1 Chumbo (Pb^{2+})	30
	3.2 Prata (Ag^+)	31
	3.3 Mercúrio (Hg_2^{2+})	32
	4. Procedimento para separação e identificação dos cátions do Grupo I.	35
	Objetivos	35
	4.1 Esquema de separação do Grupo I	36
	4.2 Observações relativas ao esquema de separação	37
	4.3 Resumo explicativo da separação e identificação dos cátions do Grupo I.	37
Aula 2	IDENTIFICAÇÃO E SEPARAÇÃO DOS CÁTIOS DO GRUPO II	41
	Objetivos	41
	1. Introdução	41
	2. Aspectos gerais do Grupo II	43

	2.1 Reagente de grupo	43
	2.2 Reação de grupo	44
	2.3 Características do grupo	45
	3. Procedimento para os testes de identificação dos cátions do Grupo IIA.	46
	3.1 Mercúrio (Hg^{2+})	46
	3.2 Cobre (Cu^{2+})	48
	3.3 Cádmio (Cd^{2+})	49
	3.4 Bismuto (Bi^{3+})	51
	4. Procedimento para os testes de identificação dos cátions do Grupo IIB.	53
	4.1 Arsênio(III) (As^{3+})	53
	4.2 Arsênio(V) (As^{5+})	55
	4.3 Antimônio(III) (Sb^{3+})	56
	4.4 Antimônio(V) (Sb^{5+})	58
	4.5 Estanho(II) (Sn^{2+})	59
	5. Procedimento para separação e identificação dos cátions do Grupo II	62
	Objetivos	62
	5.1 Esquema de separação do Grupo II	62
	5.2 Observações relativas ao esquema de separação	64
Aula 3	IDENTIFICAÇÃO E SEPARAÇÃO DOS CÁTIONS DO GRUPO III	67
	Objetivos	67
	1. Introdução	67
	2. Aspectos gerais do Grupo III.	69
	2.1 Reagente de grupo	69
	2.2 Reação de grupo	69
	2.3 Características do grupo	69
	3. Procedimento para os testes de identificação dos cátions do Grupo IIIA	71
	3.1 Ferro (Fe^{3+})	71
	3.2 Alumínio (Al^{3+})	73
	3.3 Crômio (Cr^{3+})	74
	4. Procedimento para os testes de identificação dos cátions do Grupo IIIB	76
	4.1 Cobalto (Co^{2+})	76

	4.2 Níquel (Ni^{2+})	78
	4.3 Manganês (Mn^{2+})	79
	4.4 Zinco (Zn^{2+})	80
	5 Procedimento para separação e identificação dos cátions do grupo III	82
	Objetivos	82
	5.1 Esquema de separação do Grupo III	83
	5.2 Observações relativas ao esquema de separação	84
Aula 4	IDENTIFICAÇÃO E SEPARAÇÃO DOS CÁTIOS DO GRUPO IV	87
	Objetivos	87
	1. Introdução	87
	2. Aspectos gerais do grupo IV	88
	2.1 Reagente de grupo:	88
	2.2 Reação de grupo	88
	2.3 Características do grupo	88
	3 Procedimento para os testes de identificação dos cátions do Grupo IV	89
	3.1 Bário (Ba^{2+})	89
	3.2 Cálcio (Ca^{2+})	91
	3.3 Estrôncio (Sr^{2+})	92
	4. Procedimento Para Separação e Identificação dos Cátions do Grupo IV	95
	Objetivos	95
	4.1 Esquema de separação do Grupo IV	96
	4.2 Observações relativas ao esquema de separação	97
Aula 5	IDENTIFICAÇÃO E SEPARAÇÃO DOS CÁTIOS DO GRUPO V	99
	Objetivos	99
	1. Introdução	99
	2. Aspectos gerais do Grupo V	100
	2.1 Reagente de grupo:	100
	2.2 Reação de grupo	100
	2.3 Características do grupo	100
	3. Procedimento para os testes de identificação dos cátions do Grupo V	100

	3.1 Magnésio (Mg^{2+})	101
	3.2 Sódio (Na^+)	102
	3.3 Potássio (K^+)	102
	3.4 Amônio (NH_4^+)	102
	4. Procedimento para separação e identificação dos cátions do Grupo V	104
	Objetivos	104
	4.1 Esquema de separação do Grupo V	104
Aula 6	ANÁLISE GLOBAL OU ANÁLISE SISTEMÁTICA - SEPARAÇÃO DOS CÁTIONS EM GRUPOS.	107
	Objetivos	107
	1. Introdução	107
	2. Esquema geral de separação e identificação dos cátions dos Grupos I ao V	108
	3. Observações relativas ao esquema de separação	113
Aula 7	IDENTIFICAÇÃO DE ÂNIONS.	115
	Objetivos	115
	1. Introdução	115
	2. Procedimento para os testes de identificação dos ânions	118
	2.1 Carbonato (CO_3^{2-})	118
	2.2 nitrato (NO_3^-)	119
	2.3 fosfato (PO_4^{3-})	120
	2.4 cloreto (Cl^-)	121
	2.5 brometo (Br^-)	122
	2.6 sulfato (SO_4^{2-})	123
	3. Procedimento para a identificação dos ânions em uma análise sistemática	124
	REFERÊNCIAS	129

Caro aluno,

Estamos iniciando uma outra etapa do curso e, agora, vamos orientá-lo na disciplina Análise Qualitativa.

Nessa disciplina as 30 (trinta) horas estão voltadas para aulas de laboratório ou aulas práticas.

Você será acompanhado pelo seu tutor local. Busque sempre orientação para superar suas dificuldades. Lembre-se de que você não está só e de que o Curso de Licenciatura em Química – modalidade a distância procura criar as condições necessárias para o seu sucesso.

Nesta disciplina vamos centrar todas as atividades em reações envolvendo ácidos e bases, reações com formação de precipitados e complexos e reações de oxirredução. Estas reações acontecerão até que o equilíbrio seja alcançado. Para um bom aproveitamento do curso é necessário saber escrever as equações que descrevem estas reações, assim como entender como e por que o equilíbrio foi perturbado.

Este fascículo é composto dos seguintes tópicos:

- Introdução à Análise Qualitativa
- Classificação analítica de cátions e ânions
- Parte prática:
 1. Identificação de cátions
 2. Identificação de ânions
 3. Separação de cátions

Esperamos que, ao final desta disciplina, você seja capaz de:

- Escrever as equações de reações químicas;
- Identificar as características físicas dos produtos formados nas reações;
- Entender os equilíbrios envolvidos em cada reação;
- Identificar os fatores que afetam os equilíbrios químicos.

Bom Trabalho! Sucesso!

As autoras

INTRODUÇÃO À ANÁLISE QUALITATIVA

Objetivo:

Conhecer os princípios básicos da análise qualitativa e a classificação analítica de cátions e ânions.

LEMBRETE:

- Leia com atenção o texto "Introdução à Análise Qualitativa" antes de começar a sua primeira aula de laboratório.
- Em caso de dúvida, consulte o tutor responsável pela disciplina.
- Complemente a sua leitura, consultando outras bibliografias.

1- INTRODUÇÃO

A Química Analítica é a ciência que estuda o conjunto de princípios, leis e técnicas cuja finalidade é a determinação da composição química de uma amostra natural ou artificial. O conjunto de técnicas de operação para atingir este objetivo constitui a Análise Química.

Assim, enquanto a Análise Química é técnica, a Química Analítica é ciência criadora e elaboradora dessa técnica, para a qual estabelece leis e princípios que justificam o porquê e o como dos processos e permitem discernir se as etapas do processo são corretas e adequadas ao problema que se apresenta e, ainda, propor novos métodos de análise e elaborar processos analíticos convenientes à contínua evolução e variedade de amostras objeto de análise.

Os objetivos práticos da Química Analítica consistem na determinação da composição química das substâncias ou de suas misturas. Primeiro, determina-se a composição qualitativa da substância, isto é, quais são os elementos, grupos de elementos ou íons que a constituem, para depois determinar a sua composição quantitativa, ou seja, qual é a relação quantitativa dos componentes identificados em uma dada substância.

A identificação ou o "reconhecimento" dos diversos elementos e íons que entram na composição das substâncias é o objetivo da Química Analítica Qualitativa.

A tarefa da Química Analítica Quantitativa consiste na determinação do conteúdo quantitativo de cada uma das partes componentes da substância estudada.

A Análise Qualitativa comumente precede a Análise Quantitativa. Também se recorre à análise qualitativa quando se quer determinar quantitativamente um componente cuja presença na substância analisada é conhecida ou quando se quer determinar componentes que possam interferir na análise quantitativa. Isto se explica pelo fato de que somente conhecendo quais os elementos ou íons presentes na amostra é que se pode escolher o método mais adequado para a determinação quantitativa do elemento de interesse. Por outro lado, uma reação qualitativa pode dar uma idéia da quantidade de tal componente: se é predominante ou não na amostra, ou se está presente apenas em nível de traços.

A Análise Qualitativa surgiu há cerca de 2000 anos. Caius Plinius Secundus (23-79 d.C.) fez o primeiro registro de um teste químico de análise qualitativa, visando detectar a contaminação de sulfato de ferro (II) em acetato de cobre (II). Este teste consistia em tratar uma tira de papiro embebida em extrato de noz de galha (ácido tânico) com a solução sob exame. Se a tira adquirisse a cor preta, indicava presença do sulfato de ferro (II).

Na segunda metade do século XVII, Robert Boyle (1627-1691) muito contribuiu para o desenvolvimento da análise química estudando o uso de reações químicas para identificar várias substâncias e introduzindo novos reagentes analíticos. Até essa época os métodos de análise por via úmida eram principalmente qualitativos e baseados nas propriedades químicas dos elementos.

Outros pesquisadores, como Otto Tachenius (início do século XVII) e Sigismund Andreas Marggraf (1709-1782), também contribuíram para que grande parte das reações químicas conhecidas e usadas em análise qualitativa inorgânica já tivesse sido descoberta até o fim do século XVIII. Entretanto, somente no século XIX, a análise sistemática dos elementos foi introduzida através dos trabalhos de Heinrich Rose e de Carl Remigius Fresenius. A análise qualitativa apresentou avanços significativos no final do século XIX e no início do século XX, respectivamente, com os trabalhos de Theodor Heinrich Behrens sobre técnicas microscópicas de análise e de Fritz Feigl e colaboradores, sobre os testes de toque (*spot tests*). Até cerca da metade do século XX a análise qualitativa compreendia, principalmente, estudos e aplicações de novos reagentes (geralmente orgânicos), novos testes para detecção de cátions e ânions usando técnicas microanalíticas, e vários estudos sobre métodos de separação de íons em uma análise sistemática.

Atualmente, a Química Analítica e, em particular a Análise Qualitativa, tem grande importância tanto teórica como prática, apresentando um conjunto de métodos de investigação das substâncias e de suas transformações. É também de grande valor para os campos afins da química como a mineralogia, a geologia, a fisiologia, a microbiologia, assim como os ramos da medicina e da

agronomia. Em qualquer pesquisa científica, ligada de uma ou outra maneira a fenômenos químicos, necessariamente se empregam os métodos da Química Analítica.

A Química Analítica Qualitativa, portanto, estuda os meios para identificar os componentes químicos de uma amostra.

O tipo de Análise Qualitativa empregada depende das características do material a ser analisado. Por exemplo, a Análise Qualitativa Orgânica é usada para “descobrir” quais compostos orgânicos estão presentes em uma amostra. Por outro lado, como a maioria dos compostos inorgânicos são iônicos, a Análise Qualitativa Inorgânica é usada para identificar os íons presentes em uma amostra.

1.1- Princípios da Análise Qualitativa Inorgânica

O conhecimento da Análise Qualitativa Inorgânica é de grande importância para o químico pois:

- a) fornece uma oportunidade para rever e aplicar conceitos previamente estudados. Em Análise Qualitativa Inorgânica, reações ácido-base, de precipitação, de oxirredução e de formação de complexos são usadas para **separar e identificar** íons;
- b) ajuda a compreender como resolver um problema analítico através de técnicas de **separação, detecção e confirmação**;
- c) permite adquirir prática em trabalhos cuidadosos de laboratório e em observação acurada.

A Análise Qualitativa inclui, de modo geral, um grande número de diferentes procedimentos dentre os métodos modernos, tais como espectrográficos, cromatográficos e nucleares. No entanto, o método mais comumente usado envolve a dissolução da amostra e a análise da solução através de reações químicas. Assim, em muitos casos, o primeiro passo na análise é colocar a amostra em solução aquosa. Isso pode ser tão simples como adicionar água ou pode requerer um tratamento mais complexo de amostras sólidas, tal como reação com ácidos. A partir daí, a análise se processa por separações, detecções e confirmações.

Quando vários íons diferentes estão presentes em uma mesma solução aquosa, qualquer teste feito para identificar um deles, provavelmente, sofrerá interferência dos outros.

Exemplos:

- ⇒ O íon Ag^+ forma um precipitado branco quando tratado com Cl^- , mas Pb^{2+} e Hg_2^{2+} também formam precipitados brancos.
- ⇒ O íon Co^{2+} reage com os íons SCN^- produzindo uma coloração azul na solução, em presença de acetona, mas o íon Fe^{3+} também

reage com o SCN^- produzindo uma coloração vermelha na solução. Portanto, o $\text{Fe}(\text{SCN})_6^{3-}$ mascara a cor do $\text{Co}(\text{SCN})_4^{2-}$ e o íon Fe^{3+} é um interferente na identificação do íon Co^{2+} .

As **separações** são usadas para isolar o íon de interesse de outros íons que possam interferir nos testes de identificação. Em Análise Qualitativa Inorgânica as **separações** são feitas por precipitação de um ou vários cátions, enquanto outros permanecem em solução.

A **detecção** é uma identificação preliminar, mas não conclusiva, de um íon. Isso pode ocorrer tão logo a amostra é recebida, baseado nas observações visuais, como a cor, ou na história da amostra.

Exemplo:

⇒ Pode-se esperar que uma amostra da vizinhança de uma mina de cobre contenha o íon Cu^{2+} . Essa expectativa pode ser aumentada se a solução da amostra apresentar a cor azul característica dos íons Cu^{2+} hidratados. Por outro lado, não pode ser descartada a possibilidade da presença destes íons pela simples ausência da cor azul, uma vez que pode haver interferências de outros íons.

A observação repetida do comportamento característico de um dado íon com vários reagentes diferentes torna a sua **identificação** próxima da certeza. A **identificação** dos íons é feita através de reações químicas que levam à produção de precipitados, reações coloridas ou liberação de gás.

Ainda assim, o **teste confirmatório ou confirmação** é necessário. Este teste é, normalmente, feito em uma solução contendo somente um tipo de cátion (ou ânion). O comportamento característico com dados reagentes prova a presença do íon em questão.

1.2- Reagentes na Análise Qualitativa

Os reagentes usados para a Análise Qualitativa Inorgânica que permitem a identificação ou a confirmação de um íon são chamados de **reagentes de identificação**. Os reagentes usados para separações prévias, fenômenos de mascaramento, ajuste de pH, etc. são chamados de **reagentes auxiliares**.

Os **reagentes de identificação** podem classificar-se em **gerais** e **especiais**. Os **reagentes gerais** são comuns a um grande número de substâncias e, geralmente, se empregam para separação de grupos de substâncias ou íons. Por exemplo, carbonato de sódio, hidróxidos alcalinos, ácido sulfúrico, entre outros. Os **reagentes especiais** atuam sobre muito poucos íons e se utilizam para as reações de identificação ou confirmação. Estes reagentes podem ser **seletivos** ou **específicos** conforme atuem sobre um grupo pequeno de substâncias ou sobre apenas uma.

Exemplo:

- ⇒ A dimetilglioxima (DMG) produz, em meio amoniacal, um precipitado vermelho com os íons Ni^{2+} , um precipitado amarelo com os íons Bi^{3+} , uma coloração vermelha com os íons Fe^{2+} e uma cor marrom com os íons Co^{2+} . Portanto, a DMG é um **reagente seletivo** a essas substâncias.
- ⇒ A ortofenantrolina origina, em meio neutro, uma cor vermelha com os íons Fe^{2+} e nenhum outro íon produz reação semelhante, nem perturba a observação do ensaio. Portanto, se trata de um **reagente específico**.

Os **reagentes específicos** são muito escassos, porém um reagente com uma seletividade definida pode tornar-se específico variando, convenientemente, as condições do ensaio.

Essa classificação dos reagentes tem certa flexibilidade. Assim, segundo as condições do ensaio, uma reação seletiva pode tornar-se específica, e outra geral pode ser seletiva e até específica.

Exemplo:

- ⇒ O NH_4OH é um reagente geral porque precipita numerosos hidróxidos e sais básicos; porém, é seletivo aos íons Cu^{2+} e Ni^{2+} , com os quais forma complexos de cor azul intensa e pode constituir uma reação específica para o Cu^{2+} na ausência do Ni^{2+} .

1.3- Procedimentos para efetuar reações analíticas

Para que uma reação química seja usada na Análise Qualitativa é necessário que a reação possa ser observada com clareza e que corresponda ao elemento ou grupo químico que se pesquisa de uma maneira inequívoca.

Atualmente, o químico dispõe de meios e recursos suficientes para alterar as condições e possibilidades das reações, chegando a utilizar muitas reações que antes foram consideradas totalmente inaplicáveis à análise química. Prova disso são as conseqüências que se derivam de conhecimentos tais como sensibilidade e seletividade das reações, mascaramento, indução e catálise, troca de solventes, variação do pH, entre outros.

As reações analíticas se classificam em **reações por via seca** e **reações por via úmida**. Nas reações por via seca tanto as amostras como os reagentes se encontram no estado sólido e, geralmente, a reação se realiza a altas temperaturas.

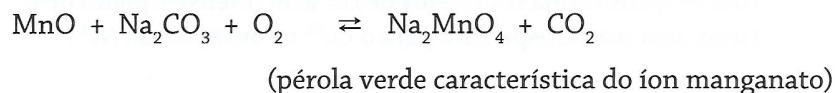
Tipos de reação por via seca:

- 1) Teste de chama: sais de alguns metais são expostos à ação de uma chama, introduzidos na mesma através de um fio de Pt ou Ni-Cr. De acordo com a coloração característica da chama pode-se, em condições convenientes, detectar a presença de determinados elementos na substância analisada.

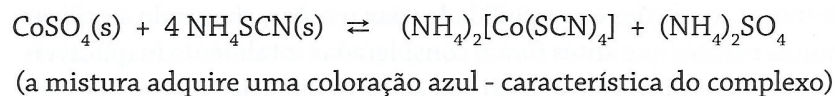
Exemplos:

- ⇒ Sais de sódio → chama alaranjada viva
⇒ Sais de potássio → chama violeta
⇒ Sais de estrôncio → chama vermelho-carmim

- 2) Reações de formação de pérolas coloridas: são formadas pérolas de bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), de fosfato ácido ($\text{NaNH}_4\text{HPO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) ou de carbonato (Na_2CO_3) em uma alça de platina. A alça é, então, umedecida e mergulhada no sólido a ser analisado e posteriormente aquecida. A pérola se colore de acordo com o produto formado nessa “fusão”.

Exemplo:

- 3) Método de trituração: a amostra é triturada com o reagente e o produto da reação é um composto colorido.

Exemplo:

Nas reações por via úmida as interações ocorrem entre as espécies em solução. Os ensaios de identificação se realizam quase sempre com gotas de solução problema às quais se adicionam gotas do reagente apropriado. Essa ordem não deve ser invertida, salvo indicação contrária. Estes ensaios se verificam em tubos de ensaio, em placas de gotas ou sobre papel de filtro. No caso dos dois últimos o ensaio é conhecido como análise de toque.

1.4- Condições para realização das reações: especificidade, sensibilidade e seletividade

Ao se realizar uma reação química é necessário criar determinadas condições para o seu desenvolvimento, pois, do contrário, o resultado pode não ser fidedigno.

1) Meio da reação

Os precipitados solúveis em ácido não podem se formar em solução se o ácido livre se encontra em excesso. Por exemplo, o sulfeto de ferro(II) é solúvel em HCl diluído, portanto, para a sua precipitação é necessário que o meio esteja básico. Por outro lado, os precipitados solúveis em álcalis não se formam em meio alcalino. E, se um precipitado se dissolve tanto em ácido como em álcalis, este só poderá formar-se se o meio estiver neutro.

Da mesma forma, algumas reações de oxirredução só ocorrem se o meio estiver ácido, por exemplo, a oxidação de Mn^{2+} a MnO_4^- , assim também alguns complexos só se formam se o meio estiver básico, por exemplo, a formação do dimetilglioximato de níquel só acontece em meio amoniacal.

Estes casos mostram que uma das condições mais importantes para realizar as reações é a presença de um meio adequado, o qual deve ser criado de acordo com a necessidade, adicionando ácido ou base à solução.

2) Temperatura

Outra condição importante é a temperatura da solução. Os precipitados cuja solubilidade aumenta com o aumento da temperatura não podem ser obtidos em uma solução aquecida; as reações correspondentes devem ser feitas a frio, ou seja, à temperatura ambiente e, às vezes, até sob resfriamento. Por exemplo, o $PbCl_2$ só se forma a frio, uma vez que em água quente o precipitado se dissolve.

Por outro lado, algumas reações só acontecem com aquecimento, como a formação de alguns sulfetos.

3) Concentração

Uma condição importante para o desenvolvimento das reações é a presença de uma concentração suficientemente elevada do íon de interesse na solução; se a sua concentração for muito pequena não teremos nenhum resultado. Isso se deve ao fato de que cada composto somente pode precipitar quando sua concentração em solução supera a sua solubilidade nas condições dadas. Se um composto é pouco solúvel ocorre a precipitação, mesmo sendo muito pequena a concentração do íon a identificar; essas reações são denominadas **sensíveis**. Ao contrário, sendo bastante elevada a solubilidade do produto formado, a reação é **pouco sensível** e pode ser positiva, somente, se a concentração do íon de interesse for relativamente alta.

A **sensibilidade** das reações também pode ser verificada em outros tipos de reação diferentes da precipitação. Por exemplo, a reação de coloração da chama pelos sais voláteis de sódio é bastante sensível pois é positiva para quantidades extremamente baixas destes sais. O mesmo já não acontece com os sais de bário, onde são necessárias grandes quantidades para se perceber a cor característica da chama.

A **sensibilidade das reações** se define, quantitativamente, por dois índices interdependentes: o limite de identificação e o limite de diluição ou concentração mínima.

O **limite de identificação** é a quantidade mínima da substância ou do íon que pode ser identificada por uma dada reação nas condições ideais de execução. Como essa quantidade é muito pequena se expressa, normalmente, em μg ($1 \mu\text{g} = 10^{-6}\text{g}$). Este parâmetro não caracteriza inteiramente a sensibilidade das reações, pois tem importância não somente a quantidade absoluta, mas também a concentração da substância ou do íon na solução.

Portanto, se define a **concentração limite** como a menor concentração da substância ou do íon na solução que dá sempre uma reação positiva. É expressa pela proporção 1:g, onde g é a quantidade, em peso, do solvente correspondente a uma unidade de peso da substância ou do íon a identificar.

A **sensibilidade** das reações que servem para identificar um mesmo íon pode ser muito variada, como mostrado no exemplo para o íon cobre:

Reagente	Composto formado	Efeito da reação	Limite de identificação, μg	Limite de diluição (g/mL)
HCl	$\text{H}[\text{CuCl}_2]$	solução verde	1	1 : 50.000
NH_3	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	solução azul	0,2	1 : 250.000
$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	$\text{Cu}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$	ppt marrom	0,02	1 : 2.500.000

Deve ser lembrado que durante o uso de um teste de alta sensibilidade a possibilidade de erro é muito grande, pois as próprias impurezas dos reagentes podem mascarar os resultados. Isso, porém, pode ser contornado quando se faz um teste em branco. Daí pode-se, também, deduzir a importância da natureza dos reagentes usados.

A **sensibilidade** de uma reação pode ser aumentada por vários fatores, entre eles:

- ⇒ a variação na concentração dos reagentes;
- ⇒ a variação no pH do meio;
- ⇒ a adição de solventes orgânicos miscíveis em água, que provocam um decréscimo na constante dielétrica do meio e no grau de dissociação do complexo ou do precipitado;

⇒ a extração por um solvente imiscível em água. Neste caso, o aumento na sensibilidade ocorre tanto pelo aumento na concentração da substância de interesse (pré-concentração) como pelo efeito do próprio solvente, que ocasiona uma mudança na intensidade da cor e algumas vezes na própria cor do composto que está sendo extraído.

Além da **sensibilidade** pode-se considerar a **seletividade** das reações nos testes analíticos. Diz-se que uma reação é **seletiva** quando ocorre somente com um número restrito de íons em determinadas condições. A **seletividade** de uma reação é tanto maior quanto menor for o número de íons que dá teste positivo. Um caso especial de **seletividade** ocorre quando a reação dá teste positivo para um só íon e fala-se em **especificidade** e em **reação específica** para o íon considerado.

1.5- Escala de análise

Quando os métodos analíticos são comparados de acordo com a quantidade de substância que está sendo analisada, a seguinte classificação pode ser feita:

Escala	Peso da Amostra	Volume empregado	Material usado
Macroanálise	> 0,10 g	> 10,0 mL	trabalho clássico béquer, erlenmeyer, etc.
Semimicroanálise	de 0,01 a 0,10 g	de 1,0 a 10,0 mL	microfiltros, centrífugas, microtubos, reações de toque
Microanálise	de 0,10 a 10,0 mg	de 0,01 a 1,0 mL	microscópio, microequipamentos, microvidraria
Ultramicroanálise	de 0,10 a 100,0 µg	de 10 ⁻³ a 0,01 mL	microscópio e capi- lares
Subultramicroanálise	< 0,10 µg	< 0,001 mL	métodos especiais

O mais comumente usado em cursos de Análise Qualitativa é a escala de semimicroanálise, cujas vantagens são:

- ⇒ o consumo reduzido de reagentes;
- ⇒ a maior rapidez na análise. Quanto menor a quantidade de material tanto mais rápida cada uma das etapas da análise, como por exemplo, precipitação, lavagem, filtração, entre outros;
- ⇒ a maior eficiência na separação.

2- CLASSIFICAÇÃO ANALÍTICA DE CÁTIONS E ÂNIONS

Como não existe um esquema ideal para a Análise Qualitativa, de acordo com o qual cada íon seria caracterizado quando estivesse sozinho ou mesmo na presença de um grande número de outros íons, torna-se, então, necessário classificá-los em grupos, baseando-se em algumas propriedades comuns a todos os íons de um determinado grupo em relação a alguns reagentes que se denominam **reagentes de grupo**.

Os **reagentes de grupo** devem responder a determinadas exigências como:

- ⇒ precipitar os cátions do grupo quase quantitativamente (a concentração do cátion em solução após precipitação não deve ser superior a 10^{-6} g/L);
- ⇒ podem precipitar os cátions dos grupos anteriores, mas não os dos grupos posteriores;
- ⇒ o precipitado formado deve dissolver-se facilmente em ácidos, para que seja possível continuar a análise;
- ⇒ o excesso de reagente adicionado não deve impedir a identificação dos íons em solução.

Os grupos de cátions podem ser identificados por números, pelo reagente de grupo ou por um dos cátions. A identificação e, também, o número do grupo variam de acordo com os autores. Segundo A. Vogel, autor do livro *Química Analítica Quantitativa*, os cátions são divididos como:

• Grupo I

- **Reagente de grupo:** ácido clorídrico diluído.
- **Característica do grupo:** os cátions formam precipitados com o reagente de grupo.
- **Cátions do grupo:** Pb(II); Hg(I) e Ag(I).

• Grupo II

- **Reagente de grupo:** sulfeto de hidrogênio, em meio ácido mineral diluído.
- **Característica do grupo:** os cátions não reagem com o reagente de grupo anterior, Grupo I, mas formam precipitados com o reagente deste grupo.
- **Cátions do grupo:** Hg(II); Cu(II); Bi(III); Cd(II); As(III); As(V); Sb(III); Sb(V); Sn(II) e Sn(IV).

O Grupo II é dividido em dois subgrupos em função da solubilidade de seus sulfetos em KOH.

* Grupo IIA: Hg(II); Cu(II); Bi(III) e Cd(II) \Rightarrow sulfetos insolúveis em KOH.

* Grupo IIB: As(III); As(V); Sb(III); Sb(V); Sn(II) e Sn(IV) \Rightarrow sulfetos solúveis em KOH.

• Grupo III

- **Reagente de grupo:** sulfeto de hidrogênio, em meio amoniacal.
- **Característica do grupo:** os cátions não reagem com os reagentes de grupo dos Grupos I e II, mas formam precipitados com o reagente de grupo.
- **Cátions do grupo:** Fe(II); Fe(III); Cr(III); Al(III); Co(II); Ni(II); Mn(II) e Zn(II).

O Grupo III também é dividido em dois subgrupos em função da precipitação de seus íons em solução de amônia / cloreto de amônio.

* Grupo IIIA: Fe(II); Fe(III); Cr(III) e Al(III) \Rightarrow os cátions formam precipitados com $\text{NH}_3 / \text{NH}_4\text{Cl}$.

* Grupo IIIB: Co(II); Ni(II); Mn(II) e Zn(II) \Rightarrow os cátions não formam precipitados com $\text{NH}_3 / \text{NH}_4\text{Cl}$.

• Grupo IV

- **Reagente de grupo:** carbonato de sódio em meio amoniacal.
- **Característica do grupo:** os cátions não reagem com os reagentes de grupo dos grupos anteriores, mas formam precipitados com carbonato de amônio, em meio neutro ou levemente básico, ou com carbonato de sódio, em meio amoniacal.
- **Cátions do grupo:** Ba(II); Ca(II) e Sr(II).

• Grupo V

- **Reagente de grupo:** não tem reagente específico.
- **Característica do grupo:** os cátions têm algumas reações em comum e não reagem com nenhum dos reagentes de grupo dos grupos anteriores.
- **Cátions do grupo:** Na(I); K(I); NH_4^+ e Mg(II).

Os métodos utilizados para a detecção de ânions não são tão sistemáticos como para os cátions. Não há um esquema satisfatório que permita a separação dos ânions comuns em grupos e a subsequente separação inequívoca, em cada grupo, de seus componentes independentes.

Deve-se ressaltar que há muito mais na Análise Qualitativa do que formação e dissolução de precipitados, estudo de reações de oxirredução e considerações das propriedades ácido-base das soluções. Muitas das reações da Análise Qualitativa são reações características

de vários materiais e são utilizadas com diferentes finalidades. Os cátions e ânions fazem parte da composição de matrizes diversas, tais como minérios, ligas metálicas, tintas, alimentos, águas, plantas, medicamentos, cosméticos, etc. Muitas vezes a utilização destes materiais requer a identificação dos seus constituintes e a separação de alguns deles.

Neste contexto, pode-se citar como exemplo: purificação de minério de ferro, determinação da pureza de metais nobres (ouro, prata) ou de metais supercondutores, determinação da qualidade de matéria-prima utilizada para a fabricação de medicamentos e cosméticos, identificação de produtos/resíduos químicos desconhecidos, etc.

Talvez mais importante que isso seja o conhecimento que a Química Analítica Qualitativa nos dá sobre as reações que podem ocorrer entre determinados materiais e o ambiente no qual os mesmos serão empregados. Por exemplo, quando se observa carbonatos insolúveis em água se dissolverem na presença de ácidos, não se tem dificuldade em entender como a chuva ácida destrói obras de arte em mármore e construções em pedra calcária.

Para facilitar a visualização das aplicações da Análise Qualitativa, vários exemplos de utilização dos cátions e ânions serão apresentados durante a discussão das reações dos cátions dos Grupos I, II, III, IV e V e dos ânions.

No entanto, não se gosta e não se entende realmente a Análise Qualitativa quando se segue rigidamente os seus procedimentos sem pensar na química que está sendo usada em cada experimento.

3- CUIDADOS NA EXECUÇÃO DA AULA PRÁTICA

Para se evitar muitos enganos e possíveis resultados falsos, alguns fatos devem ser levados em consideração antes de se iniciar o processo de separação e/ou identificação dos cátions:

- 1) A análise não deve ser efetuada com grandes quantidades da substância; caso contrário, haverá dificuldade na lavagem e na dissolução dos precipitados. Com um pouco de experiência o analista habilita-se a julgar, pelos tamanhos relativos dos precipitados, a quantidade relativa dos componentes presentes na mistura;
- 2) Os ensaios devem ser desenvolvidos na ordem em que aparecem nos roteiros. Um reagente do grupo irá separar seu grupo especial apenas daqueles que o seguem e não daqueles que o precedem. Assim, o sulfeto de hidrogênio, na presença de ácido clorídrico, irá separar o Grupo II dos Grupos III, IV e V, mas não separa o Grupo II do Grupo I. Por isso, é muito importante que um grupo seja completamente precipitado antes que a precipitação do grupo seguinte seja tentada; caso

contrário, os precipitados de um grupo serão contaminados por metais de grupos precedentes, obtendo-se resultados enganosos;

- 3) As condições para precipitação e para dissolução devem ser rigorosamente seguidas;
- 4) Todos os precipitados devem ser lavados para que as substâncias aderentes sejam removidas, a fim de evitar contaminação pelos metais remanescentes no resíduo. As primeiras lavagens devem ser adicionadas à solução da qual o precipitado foi separado, e as últimas podem ser desprezadas;
- 5) Se o volume da solução, em qualquer estágio da análise, tornar-se muito grande deverá ser reduzido por evaporação;
- 6) A vidraria empregada na análise deve ser rigorosamente limpa, pois pode introduzir impurezas na solução a ser testada;
- 7) Consultar o livro texto da disciplina (VOGEL, A. I. *Química Analítica Qualitativa*. 5ª. ed. São Paulo: Editora Mestre Jou, 1981) durante a realização das aulas práticas;
- 8) No final de cada prática, faça sempre o relatório. Em caso de dúvida, procure o tutor para orientação.

AUTO-AVALIAÇÃO

Ao final dessa leitura você deverá ser capaz de:

- 1- Definir:
 - Química Analítica
 - Análise Química
 - Química Analítica Qualitativa
 - Química Analítica Quantitativa
- 2- Distinguir as técnicas de separação, detecção e confirmação usadas na análise qualitativa.
- 3- Diferenciar reagentes de identificação e auxiliar gerais e especiais.
- 4- Distinguir reações por via seca e por via úmida.
- 5- Definir especificidade, sensibilidade e seletividade.
- 6- Saber classificar os grupos de cátions e o reagente de grupo de cada grupo.
- 7- Conhecer os cuidados para a execução das aulas práticas.

AULA 1

IDENTIFICAÇÃO E SEPARAÇÃO DOS CÁTIONS DO GRUPO I

Objetivos

- Escrever as equações que descrevem as reações químicas de cada cátion com os reagentes utilizados nos testes;
- Identificar os equilíbrios envolvidos em cada reação, isto é, equilíbrio ácido-base, solubilidade, complexação e oxirredução;
- Identificar os reagentes seletivos a cada cátion;
- Identificar as características físicas dos produtos formados nas reações;
- Observar atentamente os cátions envolvidos em cada grupo e o respectivo reagente de grupo.

1. INTRODUÇÃO

- ❖ **Prata:** Na natureza encontra-se prata nativa, embora seja mais frequente encontrá-la combinada com enxofre, arsênio e antimônio. Os minérios de Ag de maior interesse são: argentita (Ag_2S), pirargirita (Ag_3SbS_3), prata córnea (AgCl) e proustita (Ag_3AsS_3). Encontra-se também associada à galena (PbS) e à tetraedrita (CuO).

Utiliza-se a prata em jóias, aparelhos elétricos (relais) e em moedas de alguns países. Seus sais são usados para banhos galvânicos e fabricação de espelhos. O AgNO_3 , seu sal mais comum, tem vasto uso como reagente analítico; também se utiliza em preparações farmacológicas por suas propriedades anti-sépticas e cáusticas, assim como em preparados de prata coloidal. São também objeto de pesquisa da prata os resíduos da calcinação de piritas (FeS_2), do refinamento do chumbo, da eletrólise do cobre (lodos anódicos) e alguns produtos da indústria fotográfica (placas, papel, filmes, etc.), onde são consumidas grandes quantidades de prata.

- ❖ **Mercúrio:** O mercúrio metálico tem grande uso na construção de instrumentos de física. Utiliza-se também em algumas ligas como a sua amálgama com metais preciosos, e com o cádmio que se usa em odontologia. Às vezes adiciona-se como componente dos

metais antifricção. Emprega-se na metalurgia do ouro e a prata, na fabricação de espelhos, em lâmpadas de luz ultravioleta e em tubos fluorescentes.

Muitos de seus sais (cloreto de mercúrio(II) ou sublimado corrosivo, cloreto mercúrio(I) ou calomelano, óxidos vermelho e amarelo de Hg e certos sais orgânicos) têm aplicação farmacológica; outros entram na constituição de anticriptogâmicos e inseticidas, na preparação de líquidos para conservação de madeiras, etc. O fulminato de Hg, $[\text{Hg}(\text{CNO})_2]$, é empregado como detonante e o óxido (HgO), para tintas submarinas. Os compostos de Hg(I) são tóxicos, embora menos que os do Hg(II). Assim, o HgCl_2 tem elevada toxicidade, enquanto o Hg_2Cl_2 é utilizado como laxativo, não sendo neste caso tóxico, devido a sua insolubilidade nos ácidos do sistema digestivo.

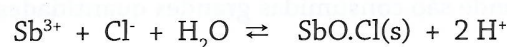
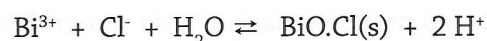
❖ **Chumbo:** O chumbo e seus compostos têm largo uso industrial. O metal é usado em tubulações, baterias e na fabricação de H_2SO_4 (câmaras de Pb), sendo necessário o controle deste cátion como impureza no ácido. O chumbo está presente na composição de importantes ligas: metal antifricção (constituído principalmente por Sn, Sb, Pb e Cu), metal de solda (Pb e Sn), caracteres gráficos, litografia, munições, ligas de baixo ponto de fusão, Pb duro para projéteis (que pode conter também Na, Ca ou Ba). Alguns compostos de chumbo tais como PbO , Pb_3O_4 , PbO_2 , $(\text{Pb}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{PbCO}_3)$ e PbCrO_4 têm grande importância na fabricação de tintas.

O acetato de chumbo $((\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb})$ é largamente usado em laboratórios analíticos como reagente e também tem aplicações farmacológicas. O arseniato e arsenito de chumbo são usados como inseticidas; o resinato, estearato e borato, como secantes de tintas e vernizes.

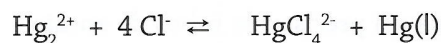
2- ASPECTOS GERAIS DO GRUPO I

2.1 - Reagente de grupo: ácido clorídrico diluído (1 mol/L).

O ácido clorídrico é utilizado como reagente de grupo, pois fornece simultaneamente os íons Cl^- e os íons H^+ , uma vez que o meio deve estar suficientemente ácido para evitar a precipitação dos oxicloreto de bismuto(III) (Grupo IIA) e de antimônio(III) (Grupo IIB):



No entanto, um grande excesso de ácido deve ser evitado para impedir a formação dos cloro complexos dos cátions do Grupo I, fracamente dissociados:



2.2 - Reação de grupo: formação de precipitados brancos de cloreto de chumbo (PbCl_2), de cloreto de prata (AgCl) e de cloreto de mercúrio(I) (Hg_2Cl_2).

2.3 - Características do grupo: os cátions do Grupo I formam cloretos insolúveis em água:

$$K_{ps}(\text{PbCl}_2) = 2,4 \times 10^{-4};$$

$$K_{ps}(\text{AgCl}) = 1,8 \times 10^{-10};$$

$$K_{ps}(\text{Hg}_2\text{Cl}_2) = 1,3 \times 10^{-18}$$

O cloreto de chumbo, porém, é ligeiramente solúvel em água e, por esta razão, o chumbo nunca é completamente precipitado quando se adiciona ácido clorídrico diluído à amostra. Os íons chumbo restantes são, quantitativamente, precipitados com sulfeto de hidrogênio em meio ácido, junto com os cátions do Grupo II.

Os *nitratos* destes cátions são muito solúveis.

Entre os *sulfatos*, o de chumbo é praticamente insolúvel, enquanto o de prata se dissolve muito mais facilmente. A solubilidade do sulfato de mercúrio(I) situa-se entre os dois anteriores.

Os *brometos* e *iodetos* são também insolúveis, embora a precipitação dos halogenetos de chumbo seja incompleta e os precipitados se dissolvam lentamente em água quente.

Os *sulfetos* são insolúveis.

Os *acetatos* são mais solúveis, embora o acetato de prata possa ser precipitado a partir de soluções mais concentradas.

Os *hidróxidos* e os *carbonatos* são precipitados com uma quantidade equivalente de reagente, porém o excesso pode funcionar de várias maneiras. Também há diferenças quanto ao seu comportamento em relação à amônia.

Os íons prata e chumbo aparecem em soluções aquosas na forma de seus respectivos cátions, Ag^+ e Pb^{2+} , enquanto o íon mercúrio(I) se apresenta na sua forma dímica, Hg_2^{2+} .

3- PROCEDIMENTO PARA OS TESTES DE IDENTIFICAÇÃO DOS CÁTIONS DO GRUPO I

Para a realização desta tarefa você vai precisar de tubos de ensaio, conta-gotas ou pipetas Pasteur, centrífuga, chapa de aquecimento e os reagentes listados na Tabela 1. Após a realização de cada teste, anote suas observações nessa tabela.

3.1 - Chumbo (Pb^{2+})

• Reagente 1

1. Colocar 3 gotas de solução de $Pb(NO_3)_2$ 0,25 mol/L em um tubo de ensaio;
2. Adicionar 3 gotas de solução de HCl 1 mol/L;
3. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido;
4. Centrifugar a solução do tubo de ensaio;
5. Eliminar o sobrenadante utilizando o conta-gotas;
6. Adicionar ao precipitado 3 gotas de solução de NH_3 5 mol/L;
7. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido;
8. Repetir as etapas de 1 a 5;
9. Adicionar ao precipitado cerca de 1 mL de água destilada e aquecer em banho-maria;
10. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido.

• Reagente 2

1. Colocar 3 gotas de solução de $Pb(NO_3)_2$ 0,25 mol/L em um tubo de ensaio;
2. Adicionar 3 gotas de solução de NH_3 1 mol/L;
3. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido;
4. Adicionar excesso de solução de NH_3 5 mol/L no mesmo tubo de ensaio;
5. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido.

• Reagente 3

1. Colocar 3 gotas de solução de $Pb(NO_3)_2$ 0,25 mol/L em um tubo de ensaio;
2. Adicionar 3 gotas de solução de NaOH 1 mol/L;
3. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido;

4. Adicionar excesso de solução de NaOH 5 mol/L no mesmo tubo de ensaio;
5. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido.

• Reagente 4

1. Colocar 3 gotas de solução de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,25 mol/L em um tubo de ensaio;
2. Adicionar 3 gotas de solução de KI 0,5 mol/L;
3. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido;
4. Adicionar excesso de solução de KI 0,5 mol/L no mesmo tubo de ensaio e aquecer em banho-maria;
5. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido.

• Reagente 5

1. Colocar 3 gotas de solução de $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 0,25 mol/L em um tubo de ensaio;
2. Adicionar 3 gotas de solução de K_2CrO_4 0,1 mol/L;
3. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido.

• Reagente 6 - Não realizar este teste

3.2 - Prata (Ag^+)

• Reagente 1

1. Colocar 3 gotas de solução de AgNO_3 0,1 mol/L em um tubo de ensaio;
2. Adicionar 3 gotas de solução de HCl 1 mol/L;
3. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido;
4. Centrifugar a solução do tubo de ensaio;
5. Eliminar o sobrenadante utilizando o conta-gotas;
6. Adicionar ao precipitado 3 gotas de solução de NH_3 5 mol/L;
7. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido;
8. Repetir as etapas de 1 a 5;
9. Adicionar ao precipitado cerca de 1 mL de água destilada e aquecer em banho-maria;
10. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido.

• Reagente 2

1. Colocar 3 gotas de solução de AgNO_3 0,1 mol/L em um tubo de ensaio;
2. Adicionar 3 gotas de solução de NH_3 1 mol/L;
3. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido;
4. Adicionar excesso de solução de NH_3 5 mol/L no mesmo tubo de ensaio;
5. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido.

• Reagente 3

1. Colocar 3 gotas de solução de AgNO_3 0,1 mol/L em um tubo de ensaio;
2. Adicionar 3 gotas de solução de NaOH 1 mol/L;
3. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido;
4. Adicionar excesso de solução de NaOH 5 mol/L no mesmo tubo de ensaio;
5. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido.

• Reagente 4

1. Colocar 3 gotas de solução de AgNO_3 0,1 mol/L em um tubo de ensaio;
2. Adicionar 3 gotas de solução de KI 0,5 mol/L;
3. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido;
4. Adicionar excesso de solução de KI 0,5 mol/L no mesmo tubo de ensaio;
5. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido.

• Reagente 5

1. Colocar 3 gotas de solução de AgNO_3 0,1 mol/L em um tubo de ensaio;
2. Adicionar 3 gotas de solução de K_2CrO_4 0,1 mol/L;
3. Observar e anotar na tabela o fenômeno ocorrido.

• Reagente 6 - Não realizar este teste**3.3- Mercúrio (Hg_2^{2+})****• Reagente 1**

1. Colocar 3 gotas de solução de $\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2$ 0,25 mol/L em um tubo de ensaio;