

Campus Duque de Caxias

Licenciatura em Química

Luiz Carlos Reis da Silva Filho

**DETERMINAÇÃO DE
ÂNIONS: construção de
uma ferramenta
interativa para auxiliar
nas aulas de Química
Analítica Qualitativa
Experimental.**

Duque de Caxias/RJ

2021

LUIZ CARLOS REIS DA SILVA FILHO

DETERMINAÇÃO DE ÂNIONS: construção de uma ferramenta interativa para auxiliar nas aulas de Química Analítica Qualitativa Experimental.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do grau de licenciado em Química.

Orientadora: Prof.^a Dra Aline Maria dos Santos Teixeira.

DUQUE DE CAXIAS
2021

CIP - Catalogação na Publicação

S586d

Silva Filho, Luiz Carlos Reis da

Determinação de ânions: construção de uma ferramenta interativa para auxiliar nas aulas de Química Analítica Qualitativa Experimental / Luiz Carlos Reis da Silva Filho - Duque de Caxias, RJ, 2021. 61 f.: il.; 30 cm.

Orientação: Aline Maria dos Santos Teixeira.

Trabalho de conclusão de curso (graduação), Licenciatura em Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Campus Duque de Caxias, 2021.

1. Química analítica qualitativa. 2. Química analítica qualitativa Estudo e ensino. 3. Educação - Efeito das inovações tecnológicas. 4. Licenciatura em química - Campus Duque de Caxias. I. Teixeira, Aline Maria dos Santos, **orient.** II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro. III. Título

Elaborado pelo Módulo Ficha Catalográfica do Sistema Intranet do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro
- Campus Volta Redonda e Modificado pelo Campus Nilópolis/LAC, com os dados
fornecidos pelo(a) autor(a).
Bibliotecária: Cassia R. N. dos Santos CRB-7/4903

LUIZ CARLOS REIS DA SILVA FILHO

DETERMINAÇÃO DE ÂNIONS: construção de uma ferramenta interativa para auxiliar nas aulas de Química Analítica Qualitativa Experimental.

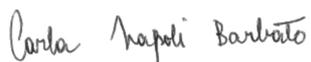
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal do Rio de Janeiro, como requisito parcial para a obtenção do grau de licenciado em Química.

Aprovado em 19 / 06 / 2021.

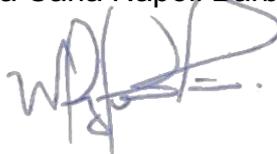
Banca Examinadora



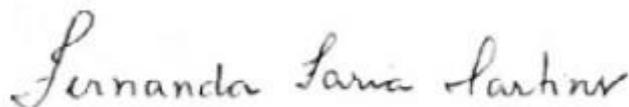
Prof.^a Dra Aline Maria dos Santos Teixeira - (Orientadora / IFRJ)



Prof.^a Dra Carla Napoli Barbato (IFRJ)



Prof. Me Welsing Moreira Pereira (IFRJ)



Prof.^a Dra Fernanda Faria Martins (IFRJ)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por todos os momentos me protegendo e amparando sempre que necessário, mesmo sem pedir nada em troca.

Aos meus pais, Luiz Carlos Reis da Silva e Rosangela Maria Conceição da Silva. Obrigado por zelar pela minha educação e saúde. Sou eternamente grato a todo apoio que me foi dado, toda preocupação que sempre tiveram comigo, mesmo quando nem eu estava atento. Obrigado por todo amor, carinho, saibam que foi muito importante para finalizar mais esta etapa.

Aos meus irmãos, Leandro Reis da Silva, Luciano Reis da Silva, Luccas Reis da Silva e Larissa Fernanda Reis da Silva, por todos os finais de semana juntos, que muito me ajudaram a aliviar a pressão das semanas de estudo. Obrigado por sempre me apoiarem e por todo amor que vocês têm por mim.

A minha namorada, Bianca Fernandes Princesval, por toda cumplicidade e parceria. Obrigado por me dar tanto amor e atenção, por estar sempre presente ao meu lado em todos os momentos, pelo seu apoio e pela fé que você tem em mim, sem você, toda minha caminhada não seria possível.

A minha filha Sophia Princesval Reis por me dar mais um motivo para seguir em frente com meus objetivos.

Aos meus grandes amigos Helena Glaser Barbosa e Gabriel Antunes Cerqueira e Rodrigo Prazeres da Costa, Julia Carvalho, Pedro Lopes por me acompanharem durante minha jornada. Agradeço todo o incentivo, compreensão, ajuda com os estudos e pela amizade crescida ao longo dos anos.

Aos meus amigos, Filipe Machado, Isabelle Mello e Priscila Miguez, por tudo que nos foi vivido juntos.

Ao meu amigo Eduardo Mourão, por ser uma pessoa compreensiva em um período de necessidade.

A Macileide Ferreira Alves, Solange Santos e Cristina Santana por me darem a oportunidade de fazer parte não só como funcionário, mas como parte de uma família com potencial imensurável.

Aos professores que me ajudaram a construir conhecimento, sabedoria e pensamento crítico como membro de uma comunidade que vive à luz das ciências, em especial a química.

A minha amiga, orientadora e professora Dra. Aline Maria dos Santos Teixeira, eu poderia ficar a vida inteira falando das suas qualidades como profissional e também como ser humano. Passaria, se quisesse, mil milhões de vidas agradecendo tudo que você fez por mim e me ensinou.

Foi você que me dotou de ferramentas para ser um aluno, profissional e pessoa melhor. QuAline, eu serei sempre grato para você! Não deixo passar um dia se quer sem reconhecer que hoje eu não teria completado minha jornada sem todo esforço que colocou sobre mim.

Como professora, você dá suas aulas com amor, intenção, prazer. Como ser humano você simplesmente maravilhosa. E nada é mais contagiante do que sentimentos assim!

Talvez por isso você não simplifique e debite só a matéria normal. Talvez seja por amar tanto o que faz que procurou em mim, cada ponto que pudesse melhorar.

Você é a pessoa mais incrível que em todo curso, tive o prazer de conhecer e por isso eu quero te agradecer. Mais do que aquela pessoa que transmite conhecimento na sala de aula, você cria empatia com seus alunos!

Acho que isso é raro acontecer. Você se doa a cada aluno, fazendo com que se interessem e desejem a próxima aula! Será que isso é um dom? Ou é somente sensibilidade para sua profissão?

Eu não sei o que é, mas tenho plena confiança que seu percurso será sempre marcado pelo sucesso seu e de seus alunos. Minha gratidão será sempre sua! Um abraço.

Transformar o simples em difícil é fácil,
mas transformar o difícil em simples exige
criatividade.

(Fullmetal Alchemist - 2001)

RESUMO

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) são ferramentas que utilizam sinais digitais que convertem uma informação em dados binários e vice-versa. O uso de TDIC pode tornar mais dinâmico o processo de ensino-aprendizagem em Química Analítica Qualitativa, componente curricular responsável por apresentar métodos analíticos para a identificação da composição de amostras. A determinação de ânions, no IFRJ *campus* Duque de Caxias, é dividida em dois momentos, onde o primeiro é dedicado à realização dos ensaios preliminares e o segundo compreende os ensaios específicos. Nos ensaios preliminares são coletadas as informações que serão utilizadas na definição da matriz de possibilidades, considerando-se o universo analítico em estudo. Após a obtenção da matriz de possibilidades são realizados os ensaios específicos e, por fim, obtém-se o laudo da amostra. Neste processo, a organização e triagem dos dados experimentais obtidos nos ensaios preliminares consome um tempo, que poderia ser melhor utilizado na realização dos ensaios específicos, principalmente, na análise de amostras que são instrumentos de avaliação final na disciplina de Química Analítica Qualitativa. Assim, este trabalho visou a construção de uma planilha eletrônica interativa para auxiliar na determinação de ânions, realizando de forma mais rápida a triagem dos íons para obtenção da matriz de possibilidades. Professores de química analítica do IFRJ, foram convidados a avaliar a ferramenta por meio de um questionário online. Para tal, foi elaborado um documento para apresentação dos procedimentos experimentais realizados na determinação de ânions, nas aulas de Química Analítica Qualitativa do IFRJ *campus* Duque de Caxias, a fim de indicar os parâmetros utilizados para o desenvolvimento e uso da ferramenta. A ferramenta caracterizou-se como inovadora por utilizar recursos digitais, ainda não utilizados no ensino de química analítica qualitativa para auxiliar a identificação de ânions em aulas experimentais, por meio da TDIC.

Palavras-Chave: TDIC. Análise química qualitativa. Matriz de possibilidades. Ânions.

ABSTRACT

Digital Information and Communication Technologies (DICT) are tools that use digital signals that convert information into binary data, just the opposite. The use of DICT can make the teaching-learning process in Qualitative Analytical Chemistry more dynamic, a curricular component responsible for presenting analytical methods for the identification of sample composition. The determination of anions, at the IFRJ campus Duque de Caxias, are divided into two moments, where the first is dedicated to the performance of preliminary tests and the second comprises specific tests. In the preliminary tests' information is collected that will be used in the definition of the possibilities matrix, considering the analytical universe under study. After obtaining the matrix of possibilities, specific tests are performed and, finally, the sample report is obtained. In this process, the organization and sorting of the experimental data obtained in the preliminary tests takes time, which could be better used in the performance of the specific tests, mainly, in the analysis of samples that are instruments of final evaluation in the discipline of Qualitative Analytical Chemistry. Thus, this work aimed at the construction of an interactive electronic spreadsheet to assist in the determination of anions, performing more quickly the screening of anions and obtaining the matrix of possibilities. Analytical chemistry professors, who work at IFRJ, were invited to evaluate the tool through an online questionnaire. To this end, a document was prepared to present the documentation procedures performed in the determination of anions, in the Qualitative Analytical Chemistry classes, at the IFRJ campus Duque de Caxias, in order to indicate the parameters used for the development and use of the tool. The tool is characterized as innovative because it uses digital resources, not yet used in the teaching of qualitative analytical chemistry to assist the identification of anions in experimental classes, through DICT.

Keywords: DICT. Qualitative chemical analysis. Possibility matrix. Anions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Formulário para anotar os resultados analíticos dos ensaios preliminares	19
Figura 2	Visão geral da primeira aba da planilha	30
Figura 3	Visão geral da segunda aba da planilha	32
Figura 4	Função SE para coloração do dicromato em solução	36
Figura 5	Visão geral da função SE empregada na eliminação de ânions no ensaio de pH da planilha eletrônica	37
Figura 6	Fórmula da função aplicada ao ânion bicarbonato	38
Figura 7	Fórmula aplicada ao ensaio de caráter redox	39
Figura 8	Fórmula para eliminação de ânions no ensaio de precipitação com Ba^{2+}/Ca^{2+}	40
Figura 9	Fórmula para eliminação de ânions no ensaio de precipitação com Ag^{+}	41
Figura 10	Fórmula para eliminação de ânions no ensaio de solubilidade em ácido forte (HNO_3)	42
Figura 11	Teste da amostra simulada número 1	43
Figura 12	Teste da amostra simulada número 2	44
Figura 13	Resultados da avaliação via questionário	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Informações dos professores que responderam o formulário de pesquisa	18
Quadro 2	Combinação dos resultados experimentais de transferência de elétrons	27
Quadro 3	Relação de palavras chaves x quantidade de resultados obtidos	29
Quadro 4	Dados experimentais obtidos para os ânions estudados	34
Quadro 5	Eliminação de ânions por ensaio	35
Quadro 6	Legenda da Figura 4	39
Quadro 7	Matriz de possibilidade da amostra teste número 1	43
Quadro 8	Matriz de possibilidade da amostra teste número 2	44
Quadro 9	informações dos professores que responderam o formulário de pesquisa	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DICT	Digital Information and Communication Technologies
EaD	Educação a Distância
IFRJ - CDUC	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro <i>campus</i> Duque de Caxias
MS	Microsoft
OX	Oxidante
PP	Precipitado
RG	Redutor Geral
RF	Redutor Forte
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1 QUÍMICA ANALÍTICA QUALITATIVA	17
3.1.1 Determinação de ânions no IFRJ <i>campus</i> Duque de Caxias	18
3.2 TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO	20
3.2.1 O Uso de Recursos Digitais como Ferramentas Didáticas	21
3.2.2 O uso do Excel na Química Analítica	22
3.3 PÚBLICO ALVO	22
4 METODOLOGIA	23
4.1 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS EXPERIMENTAIS	23
4.2 DESENVOLVIMENTO DA PLANILHA ELETRÔNICA	25
4.3 AVALIAÇÃO DOCENTE DA PLANILHA ELETRÔNICA	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5.1 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS EXPERIMENTAIS	28
5.2 DESENVOLVIMENTO DA PLANILHA ELETRÔNICA	30
5.2.1 Primeira planilha: Ferramenta	30
5.2.2 Segunda planilha: Documentação de pKa/pH e Cor dos ânions	32
5.2.3 Terceira planilha: Documentação do caráter Redox e Solubilidade	33
5.2.4 Aplicação Da Função SE Para Eliminação De Ânions Não Reativos	35
5.2.4.1 Eliminação pela Cor e pH	36
5.2.4.2 Eliminação pelo Caráter Redox	38

5.2.4.3 Eliminação Precipitação e Solubilização	40
5.3 FUNCIONAMENTO DA PLANILHA	42
5.4 AVALIAÇÃO DOCENTE DA PLANILHA ELETRÔNICA	44
5.3.1 Retorno da Avaliação da planilha eletrônica via e-mail	44
5.3.2 Retorno da Avaliação da planilha eletrônica via questionário	46
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
7 TRABALHOS FUTUROS.....	51
REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICE A – Ferramenta Interativa Para Auxiliar Na Análise De Ânions	55
APÊNDICE B – Formulário De Avaliação Da Ferramenta	58
ANEXO A – Termo De Consentimento Livre e Esclarecidos	60

1 INTRODUÇÃO

Nas aulas de Química Analítica Qualitativa Experimental são realizados ensaios que visam a identificação de ânions e/ou cátions em amostras desconhecidas. As aulas de laboratório são momentos para os alunos colocarem em prática os conteúdos teóricos.

No curso de Licenciatura em Química do IFRJ - CDUC, a Química Analítica Qualitativa Experimental é abordada na disciplina de Química Analítica Experimental I. As aulas seguem o método construtivista inspirado nas ideias de Jean Piaget (1970), no qual o aluno é instigado a encontrar respostas a partir de seus próprios conhecimentos e interação com a realidade e colegas. Durante as aulas, os ensaios analíticos são divididos em ensaios preliminares e específicos, tendo como referência os resultados obtidos para uma amostra padrão. Nos ensaios preliminares são coletadas informações utilizadas na definição da matriz de possibilidades, formada por ânions que apresentam combinações possíveis de coexistência, considerando-se o universo analítico em estudo. Após a obtenção da matriz de possibilidades são realizados os ensaios específicos e, por fim, obtém-se o laudo da amostra.

Geralmente, ao final da disciplina de Química Analítica Qualitativa I, um dos instrumentos de avaliação é a análise de amostras desconhecidas. Neste processo, a organização e triagem dos dados experimentais obtidos nos ensaios preliminares consome tempo, que poderia ser dedicado à realização dos ensaios específicos, que são diferentes para cada ânion indicado na matriz de possibilidade. O resultado dos ensaios específicos, sendo o foco da avaliação final toma muito mais tempo, por apresentar etapas únicas para cada ânion e exigir a interpretação do aluno.

Diante de um mundo cada vez mais digital, o uso de recursos da informática para desenvolver uma ferramenta interativa e auxiliadora para aulas de laboratório torna-se necessário. As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) são ferramentas que utilizam sinais digitais que convertem uma informação em dados binários e vice-versa, promovendo uma modernização do processo de ensino aprendizagem.

Assim, o objetivo deste trabalho foi desenvolver uma ferramenta interativa com recurso de TDIC para auxiliar, alunos e professores na disciplina de Química Analítica Qualitativa Experimental, na obtenção da matriz de possibilidade para determinação

de ânions de forma mais rápida.

A ferramenta pode auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, por permitir que alunos se dediquem a parte mais importante da avaliação, o laudo final da amostra, bem como serem avaliados de forma inovadora pelo professor. Destaca-se que o conhecimento sobre a interpretação dos ensaios preliminares para obtenção da matriz de possibilidades é construído durante as aulas e também podem ser direcionados para o uso da ferramenta interativa na avaliação. Desta forma, o uso de TDIC pode tornar mais dinâmico e auxiliar a triagem dos dados experimentais em Química Analítica Qualitativa, com a otimização do tempo e a melhora no desempenho dos alunos durante a análise de amostras desconhecidas.

A ferramenta foi desenvolvida em uma planilha eletrônica usando funções lógicas, comparando os resultados obtidos na análise de amostras desconhecidas com os dados de soluções padrões contendo ânions. O acesso a ferramenta poderá ser realizado de qualquer plataforma (smartphones, computadores ou tablets).

A análise crítica e a viabilidade da ferramenta foram realizadas por professores da área de química analítica clássica, que responderam a um questionário qualitativo online. Para tal, foi elaborado um documento para apresentar os procedimentos de documentação realizados na determinação de ânions, nas aulas de Química Analítica Qualitativa, do IFRJ *campus* Duque de Caxias, a fim de indicar os parâmetros utilizados para o desenvolvimento e uso da ferramenta.

Assim, este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa científica aplicada com viés exploratório, visto que o uso de TDIC para desenvolver uma ferramenta interativa na Química Analítica Qualitativa é uma prática inovadora, pois a relação com softwares geralmente é encontrada principalmente em trabalhos de viés estatístico.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma ferramenta interativa usando TDIC como recurso para otimizar o tempo na obtenção da matriz de possibilidades na determinação de ânions em amostras desconhecidas, auxiliando alunos e professores na unidade curricular de Química Analítica Qualitativa Experimental.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Organizar e sistematizar os dados experimentais obtidos nos ensaios preliminares de ânions, considerando os parâmetros estudados no IFRJ *campus* Duque de Caxias.
- Inserir os dados sistematizados em uma planilha eletrônica no Microsoft Office Excel 2016, considerando para cada ânion os parâmetros: cor da solução em meio aquoso, pKa, caráter redox (reduzidor, oxidante, neutro e anfótero) e solubilidade na presença de bário/cálcio e prata.
- Criar na planilha eletrônica a interface para inserir os resultados obtidos experimentalmente.
- Aplicar a função lógica SE, para correlacionar resultados experimentais com os parâmetros cadastrados.
- Submeter a ferramenta interativa a avaliação de docentes da área de Química Analítica Clássica.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Izquierdo e colaboradores (1999), aulas experimentais devem ilustrar um princípio, desenvolver atividades práticas, testar hipóteses ou servirem como investigação de um estudo de caso. Segundo Viviani e Costa (2010), a vivência no laboratório permite ao aluno relacionar suas habilidades individuais com o conhecimento adquirido em sala de aula, fazendo uso do método científico alinhado ao ensino construtivista. Desta forma, possibilita ao aluno ter controle das ações durante o processo de ensino aprendizagem, produzindo seu próprio conhecimento.

A aprendizagem significativa, para Moreira (2006), é influenciada diretamente por aquilo que o aluno já sabe. Durante uma aula experimental, uma nova informação é absorvida e mais conhecimento é agregado, fazendo conexão com o conhecimento específico prévio do aluno. Ausubel (1982) define este processo de aprendizagem como “conceito subsunçor”, quando se cria conexões ou “pontes cognitivas” entre o aprendido prévio e o que se está aprendendo.

3.1 QUÍMICA ANALÍTICA QUALITATIVA

Na Química Analítica Qualitativa estuda-se a identificação de íons, substâncias e moléculas presentes em uma amostra, já na Química Analítica Quantitativa estuda-se a quantidade de matéria presente na amostra.

Segundo Senise (1983), o químico analítico deve ter o conhecimento e compreensão para usar e/ou criar abordagem para a resolução de problemas, sendo a Química Analítica Qualitativa uma importante ferramenta para despertar o interesse do aluno e o estimular a ser crítico e relevante como profissional.

No estudo da Química Analítica Qualitativa envolve reações de precipitação e solubilidade, reações de ácido-base, reações de oxirredução e reações de complexação, que promovem a separação e identificação de ânions e cátions.

3.1.1 Determinação de ânions no IFRJ *campus* Duque de Caxias.

No *campus* Duque de Caxias, os ânions são objetos de estudo da primeira parte da disciplina de Química Analítica Qualitativa Experimental. Ânions são espécies carregadas negativamente e classificadas em grupos de acordo com as reações entre os íons Bário/Cálcio e Prata. Considerando o universo analítico estudado, os ânions estão divididos em quatro grupos, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Divisão do universo analítico estudado.

Grupos	Ânions
Volátil	CN ⁻ , S ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , S ₂ O ₃ ²⁻ , NO ₂ ⁻ , ClO ⁻ , HCO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻
Ba ²⁺ /Ca ²⁺	F ⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , CrO ₄ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻ , SO ₄ ²⁻ , CO ₃ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , BO ₂ ⁻
Ag ⁺	SCN ⁻ , Br ⁻ , I ⁻ , Cl ⁻
Solúvel	CH ₃ COO ⁻ , NO ₃ ⁻

Fonte: TEIXEIRA, 2020.

A documentação é o primeiro passo nas aulas experimentais, sendo o momento quando os alunos fazem as anotações sobre as características físico-químicas de cada ânion utilizando soluções padrões dos respectivos íons: coloração do ânion em solução aquosa; caráter redox; pH da solução aquosa; reatividade com agentes precipitantes Bário/Cálcio (Ba²⁺/Ca²⁺) e Prata (Ag⁺); e solubilidade com ácido forte (HNO₃) e fraco (CH₃COOH).

A partir dos resultados obtidos na etapa da documentação dos ânions, os alunos podem realizar a análise de amostras desconhecidas, elaboradas pelo professor. A análise das amostras é realizada por meio da marcha analítica¹, que é dividida em ensaios preliminares e específicos. Para a interpretação dos resultados preliminares utiliza-se como referência os resultados obtidos na documentação de soluções padrão. A combinação das informações dos resultados preliminares define a matriz de possibilidades, que corresponde aos ânions que apresentam combinações possíveis de coexistência. Nesta etapa, o professor fornece um formulário para a

¹ A marcha analítica é uma sequência de ensaios analíticos realizados para a identificação e análise de espécies em amostra.

organização dos resultados analíticos e a indicação da matriz de possibilidades obtida, Figura 1.

Figura 1: Formulário para anotar os resultados analíticos dos ensaios preliminares.



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
RIO DE JANEIRO
Campus Duque de Caxias

Química Analítica Qualitativa
Profª. Aline Maria dos Santos Teixeira

Nome: _____ Turma: _____ Nota: _____

Amostra nº _____ Prática: _____

Universo analítico:		
Marcha analítica	Resultado	Ânions (eliminados)
Cor		
pH		
RG		
OX		
Caráter redox		
Ba/Ca		
+ CH ₃ COOH		
Ag		
+ HNO ₃		
Matriz de possibilidades		

Fonte: TEIXEIRA, 2020

Após a obtenção da matriz de possibilidades são realizados os ensaios específicos e, por fim, obtém-se o laudo da amostra.

Os ensaios específicos estão organizados em marchas analíticas por grupos de ânions, exceto para os ânions que pertencem ao Grupo dos Solúveis, em que são disponibilizados diretamente os ensaios específicos de identificação de cada íon e as informações sobre os respectivos interferentes. A etapa para a realização dos ensaios

específicos é a que requer mais tempo e atenção dos alunos, pois precisam elaborar marchas analíticas para a identificação dos íons de acordo com a matriz de possibilidade obtida. A elaboração da marcha analítica da amostra desconhecida deve-se levar em consideração os possíveis íons interferentes para cada ensaio de identificação, bem como as condições de análise para que as reações analíticas ocorram.

Após a realização dos ensaios específicos, conforme a marcha analítica elaborada, os ânions não identificados são descartados da matriz de possibilidades e os ânions que foram identificados são indicados no Laudo Final, resultado final dos ânions que constituem a amostra.

3.2 TECNOLOGIAS DIGITAIS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO

De acordo com Fontana e Cordenonsi (2015), Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) e Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) se diferenciam pela forma como são processadas. A TIC é um grupo de tecnologias de recursos analógicos como quadro negro e livros, já a TDIC compreende tecnologias que permitem processamento de dados e interatividade como as lousas interativas e softwares de edição.

Para Castells (2005) é correto afirmar que a sociedade modifica as tecnologias de acordo com seus interesses, afirmando que todo esse processo de mudança/atualização é um processo de evolução constante: “A sociedade é que dá forma à tecnologia de acordo com as necessidades, valores e interesses das pessoas que utilizam as tecnologias” (CASTELLS, 2005, p. 17).

Em paralelo, Ponte (2000) afirma que as mudanças nas terminologias do vocabulário acompanham a mudança das tecnologias:

Temos aqui um problema de terminologia. Durante muitos anos falava-se apenas no computador. Depois, com a proeminência que os periféricos começaram a ter (impressoras, plotters, scanners, etc.) começou a falar-se em novas tecnologias de informação (NTI). Com a associação entre informática em telecomunicações generalizou-se o termo tecnologias de informação e comunicação (TIC)... (PONTE, 2000, p. 64)

3.2.1 O Uso de Recursos Digitais como Ferramentas Didáticas

Muito é dito sobre a interdisciplinaridade em sala de aula, mas ainda é difícil fazer permear conhecimento em outras disciplinas, para que não pareçam soltas ou pouco motivadoras. Em um mundo em que grande parte da população tem um computador na palma da mão, por que não utilizar a tecnologia da informação para mudar a forma como se estuda? Criar atividades, avaliações e métodos de estudo que utilizam a informática como ferramenta é uma alternativa para motivar/incentivar os alunos e professores a fazerem conexões fora de suas áreas de saberes, sendo a informática uma representação visual de diferentes interpretações de cálculos matemáticos.

Segundo Schneider e colaboradores (2020), a pandemia causada pelo novo coronavírus (COVID-19) é um assunto notório, que traz profundas implicações ao setor de inovação, em que cada vez mais se fala na aplicação da tecnologia para contornar o distanciamento social durante a pandemia. A informática no decorrer da pandemia permitiu que disciplinas fossem ofertadas de forma remota em regime de Educação a Distância (EaD) e ao que tudo indica, as soluções utilizadas nesse período podem continuar a ser utilizadas após o término da pandemia.

O uso de softwares é uma prática comum no ensino de química, como exemplos temos a tabela periódica interativa online “*Periodic Table*” e o software de modelagem molecular “*ChemDraw*” (SANTOS *et al.*, 2008), bem como o “*VirtualLab*”² da editora Pearson (ÁVILA, 2012).

Produzir uma ferramenta, atividade, avaliação ou metodologia interdisciplinar nem sempre é fácil, pois exige que o autor tenha uma compreensão elevada do assunto a ser permeado ou que um outro profissional da área esteja intimamente ligado ao trabalho. Uma relação de equidade é importante para que não haja uma sobreposição errada das disciplinas ou que a disciplina principal fique em segundo plano se tornando menos importante (CYSNEIROS, 1999).

² Sitio online em <http://www.labsvirtuais.com.br/contato.asp>.

3.2.2 O uso do Excel na Química Analítica

Segundo Denari e colaboradores (2015, p. 371) "Na maioria dos casos, os currículos dessa disciplina envolvem a apresentação do equilíbrio químico e suas aplicações aos sistemas ácido-base, de precipitação, complexação e oxirredução". Também afirmam que o software Excel aplicado ao ensino de Química Analítica é uma abordagem consolidada para um conteúdo que possui cálculos e aproximações matemáticas complexas.

No estudo de equilíbrio químico temos como exemplo a planilha eletrônica "CurTiPot1" criada pelo PhD Ivano Gebhardt Rolf Gutz, professor titular da Universidade de São Paulo (GUTZ, 2021). A planilha eletrônica apresenta recursos de tratamento de dados para diversas situações, como titulação e cálculo de pH, que permite ao aluno ter um melhor entendimento do conteúdo. Contudo, o Excel ainda é utilizado para análise estatística e resolução de fórmulas, tendo pouca exploração no ensino de análise química qualitativa.

3.3 PÚBLICO ALVO

Este trabalho tem como público alvo alunos e professores que possuam a disciplina de Química Analítica Qualitativa Experimental como componente curricular, auxiliando à obtenção da matriz de possibilidade de ânions de forma mais rápida, permitindo maior tempo para dedicação aos ensaios específicos.

A ferramenta desenvolvida neste trabalho é um recurso para uma avaliação contínua, a fim de verificar a cada aula se o aluno compreendeu todos os aspectos do conteúdo apresentado; a especificidade de cada objeto de estudo, assim como as técnicas e procedimentos utilizados para realizar os ensaios preliminares para a obtenção da matriz de possibilidade.

Uma ferramenta didática desenvolvida com TDIC tem como função aprimorar o processo de ensino-aprendizagem, permitindo que professores inovem e diversifiquem os métodos de avaliação (MATA, 2018).

4 METODOLOGIA

O trabalho teve início com uma pesquisa ao Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) para encontrar o que já havia sido publicado sobre TDIC e/ou ferramentas no ensino de Química Analítica Qualitativa Experimental. Na primeira consulta foram consideradas as palavras-chave: Química Analítica Qualitativa, Matriz de possibilidades, Determinação de ânions e Excel. Também foram realizadas pesquisas bibliográficas direcionadas para artigos sobre TDIC/TIC, planilha eletrônica no ensino de Química Analítica Qualitativa e Química Analítica Clássica, que foram utilizadas como embasamento teórico.

Para o desenvolvimento da ferramenta foi utilizado o Excel tendo como base o caderno do analista³, que possui observações dos ensaios em laboratório, e referências da literatura como Muller e Souza (2010) e Vogel (1981).

4.1 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS EXPERIMENTAIS

Antes de iniciar o desenvolvimento da planilha eletrônica foi necessário realizar a organização dos dados experimentais relacionados aos ensaios preliminares da documentação de ânions.

Nos ensaios preliminares são utilizadas soluções padrões dos ânions que compõem o grupo em estudo para a realização dos ensaios de documentação. Nesta etapa, são realizados os ensaios quanto a verificação da coloração da solução em meio aquoso, pH, caráter redox, verificação da precipitação na presença dos cátions Ba^{2+} e Ca^{2+} , seguido de teste de solubilização com ácido acético, verificação da precipitação na presença do íon Ag^+ seguido do teste de solubilização com ácido nítrico.

A verificação da coloração da amostra após diluição em água possibilita eliminar ânions com cores diferentes, por exemplo, se o resultado obtido para uma

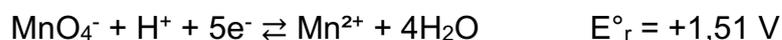
³ É o caderno que o aluno utiliza nas aulas experimentais para anotar as informações das espécies que compõe o universo analítico, assim como procedimentos dos ensaios realizados para a identificação das espécies que compõem as amostras desconhecidas.

amostra for incolor, será possível eliminar ânions que em meio aquoso apresentam soluções coloridas.

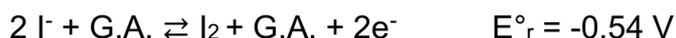
A determinação do pH permite identificar possíveis ânions presentes na amostra, por meio da análise comparativa com a zona de predominância dos respectivos íons, podendo-se eliminar ânions presentes em faixa de predominância diferente do pH obtido.

Na avaliação do caráter redox pretende-se determinar as propriedades de oxirredução da espécie analisada, a partir das informações obtidas nos ensaios de transferência de elétrons, pode-se classificar a amostra como: redutora em geral, oxidante, anfótera ou neutra (indiferente).

O ensaio de redutor em geral é realizado com solução de permanganato de potássio (KMnO_4), sendo a transformação química identificada pela mudança de coloração da solução. O íon permanganato (MnO_4^-) possui coloração violeta e quando reduzido, em meio ácido, é convertido ao íon manganês II (Mn^{2+}) e perde sua coloração, passando a ter um aspecto incolor. A mudança da coloração da solução indica que existe pelo menos um ânion com caráter redutor na amostra.



O ensaio de oxidante é realizado com solução de iodeto de potássio (KI) e solução de goma amido (G.A.), sendo a transformação química identificada pela mudança de coloração da solução. A mistura do íon iodeto (I^-) e o amido apresenta coloração incolor e na presença de pelo menos um ânion oxidante, o iodeto é oxidado e passa a apresentar coloração azul intensa devido a formação do complexo amidonado. A interação iodo+amido é do tipo íon-dipolo que só é possível quando se tem um íon e uma molécula polar FERREIRA *et al* (2008).



Tendo feito o ensaio de transferência é possível determinar o caráter redox da amostra ou da solução padrão e assim descartar os ânions que não tem as características correspondentes.

O ensaio de precipitação com os cátions Ba^{2+} e Ca^{2+} em pH 10 indica se há pelo menos um ânion do grupo Ba/Ca na amostra teste, sendo que, não ocorrendo a precipitação, os ânions desse grupo são eliminados. Na ocorrência do precipitado, a adição de ácido acético (CH_3COOH) possibilita verificar a solubilização em meio levemente ácido. Ensaios em que ocorre a total solubilização do precipitado, permite eliminar ânions que são insolúveis em meio acético.

O último teste dos ensaios preliminares é o de precipitação com a Prata (Ag^+), em que é adicionado nitrato de prata ($AgNO_3$) em uma alíquota da amostra teste. A formação de precipitado indica que há pelo menos um ânion reativo com Ag^+ e ânions são eliminados conforme a coloração. Caso não precipite, os ânions desse grupo são eliminados. O teste da solubilidade destes precipitados ocorre em meio extremamente ácido, com a adição de ácido nítrico (HNO_3) ao precipitado obtido no ensaio com Ag^+ . A solubilização deste precipitado elimina ânions insolúveis em meio nítrico.

Os testes realizados têm como resposta valores afirmativos ou negativos, e foram organizados de modo a reunir todas as informações dos resultados experimentais obtidos.

4.2 DESENVOLVIMENTO DA PLANILHA ELETRÔNICA

Na planilha eletrônica MS Excel, criou-se três planilhas nomeadas como: (1) Ferramenta; (2) Doc. pH e Cor; (3) Doc. Redox e P.P.

A planilha 1 foi desenvolvida adaptando-se um modelo físico do formulário disponibilizado nas aulas de Química Analítica Qualitativa Experimental, Figura 1, para ser utilizada na determinação da matriz de possibilidade de ânions. Esta planilha foi elaborada para o uso de alunos e/ou professores.

Na segunda e terceira planilhas, os dados inseridos foram organizados na forma de banco de dados, para consulta ou alterações futuras dos usuários.

As funções lógicas foram utilizadas para correlacionar resultados experimentais aplicados na ferramenta, integrando os dados contidos nos quadros da segunda e terceira planilhas com as informações da planilha referente a Ferramenta. A principal função lógica aplicada no desenvolvimento da ferramenta foi a função SE, a fim de que retorne uma informação à expressão.

Em todas as planilhas foram incluídas legendas e orientações para o uso da ferramenta interativa.

4.3 AVALIAÇÃO DOCENTE DA PLANILHA ELETRÔNICA

A análise crítica e a viabilidade da ferramenta foram realizadas por professores da área de Química Analítica Clássica, por meio de um questionário qualitativo online no *Google Forms*, enviado por e-mail juntamente com o arquivo da ferramenta interativa e orientações sobre os experimentos dos ensaios preliminares realizados no IFRJ CDUC.

A ferramenta interativa foi disponibilizada no formato “.xlsx” compatível com os softwares *Microsoft Office Excel 2016* e *BrOffice Calc*. O arquivo com as orientações dos ensaios preliminares foi disponibilizado no formato “.pdf” compatível com visualizador de arquivos do *Microsoft Windows 10* (APÊNDICE A).

O arquivo com as orientações dos ensaios preliminares foi elaborado para apresentar, aos professores/avaliadores, os procedimentos de documentação realizados na determinação de ânions nas aulas de Química Analítica Qualitativa Experimental, do IFRJ CDUC e indicar os parâmetros utilizados para o desenvolvimento e uso da ferramenta.

O questionário de satisfação foi baseado no método de avaliação com a escala Likert, desenvolvida pelo psicólogo norte-americano Rensis Likert na década de 1930, para medir a atitude ou grau de satisfação das pessoas, combinando estatística e psicologia. Esta escala utiliza perguntas objetivas, com a possibilidade de respostas em níveis. Dessa forma, as respostas podem ser tratadas de forma qualitativa, calculando a média dos resultados obtidos em cada questão.

O questionário foi composto de três seções. A primeira seção iniciava o questionário com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (ANEXO A). Na segunda seção eram coletadas as informações docentes dos avaliadores, como nome, instituição, formação e titulação. Na última seção continha sete questões objetivas e três questões discursivas/optativas sobre a utilização da ferramenta.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O resultado da pesquisa ao Banco de Teses e Dissertações da CAPES, sobre publicações referente a TDIC e/ou ferramentas no ensino de Química Analítica Qualitativa Experimental mostrou que existe um quantitativo considerado de resultados para os termos pesquisados, Quadro 2.

Quadro 2: Relação de palavras chaves x quantidade de resultados obtidos.

Palavras Chaves	Quantidade de Resultados Obtidos
Química Analítica Qualitativa	153662
Matriz de Possibilidades	1280457
Determinação de Ânions	1280459
Excel	2927

Fonte: Elaborado pelo autor.

A quantidade de resultados obtidos usando palavras diretamente relacionadas com a disciplina como Química Analítica Qualitativa, Matriz de Possibilidade e determinação de Ânions foi muito maior do que utilizando uma palavra a princípio desconectada da disciplina como Excel. Isso ratifica a necessidade de discutir a uma maior interação entre a química analítica qualitativa e o uso de planilhas eletrônicas, a fim de diminuir a distância entre elas, criando também uma relação interdisciplinar com objetivo de evoluir significativamente o processo de ensino-aprendizagem tanto para o professor quanto para o aluno.

Não foi encontrado nenhum trabalho com tema ou abordagem parecida para a disciplina qualitativa experimental. Se deparando com uma situação de trabalho inédito, a pesquisa foi direcionada para artigos, trabalhos de conclusão e teses, que abordam os temas paralelos, que serviram como referencial teórico.

5.1 ORGANIZAÇÃO DOS DADOS EXPERIMENTAIS

Os dados experimentais referente aos ensaios preliminares da documentação de ânions foram organizados, relacionando-se os ânions com as informações quanto a coloração da solução e pH em meio aquoso, caráter redox, precipitação na presença dos cátions Ba^{2+} e Ca^{2+} seguido da solubilização com ácido acético, precipitação na presença do íon Ag^+ seguido da solubilização com ácido nítrico, Quadro 3.

O precipitado branco resultante no ensaio de precipitação do ClO^- com o íon Ag^+ , na verdade é um produto da reação com íon Cl^- , proveniente da decomposição do íon hipoclorito em clorato e cloreto, assim, ambos não coexistem juntos (VOGEL,1981).



Logo, a reação global do sistema pode ser representada por:



O ClO^- também tem ação alvejante, que descolore a fita de pH e por este motivo não é possível determinar o pH desta solução utilizando esta técnica, sem realizar um pré-tratamento da amostra, sendo está uma característica singular deste íon.

A partir da organização dos dados experimentais (coloração da solução, pH, caráter redox e solubilidade), Quadro 3, foi possível correlacionar ânions eliminados em cada etapa da marcha analítica para os ensaios preliminares, considerando-se possíveis resultados obtidos em uma amostra desconhecida.

Para a eliminação dos ânions considerou-se os ensaios relacionados à identificação do caráter redox e solubilidade na presença dos cátions Ba^{2+}/Ca^{2+} e Ag^+ . Na avaliação do caráter redox os ânions foram eliminados considerando-se a incompatibilidade com o meio determinado para a solução - neutro ou indiferente, redutor, oxidante e anfótero (MULLER; SOUZA, 2010). Para a análise do parâmetro de solubilidade, a eliminação dos ânions considerou a coloração do precipitado formado, onde um precipitado com coloração mais escura não elimina precipitados mais claros. Estes dados compõem a legenda de eliminação de ânions utilizada na construção da tabela interativa e será discutida mais à frente.

Quadro 3 - Dados experimentais obtidos para os ânions estudados.

Ânions	Cor	pH	RG	Ox	Ba/Ca	CH ₃ COOH	Ag	HNO ₃
CN ⁻	Incolor	11,5	+	-	Não PP	-	PP Branco	Insolúvel
S ²⁻	Incolor	12,5	+	-	Não PP	-	PP Preto	Insolúvel
SO ₃ ²⁻	Incolor	7,5	+	-	PP Branco	Insolúvel	PP Branco	Solúvel
S ₂ O ₃ ²⁻	Incolor	6	+	-	Não PP	-	PP Preto	Insolúvel
NO ₂ ⁻	Incolor	6,5	+	+	Não PP	-	PP Branco	Solúvel
ClO ⁻	Incolor	N/D	-	+	Não PP	-	PP Branco	Insolúvel
HCO ₃ ⁻	Incolor	10,5	-	-	PP Branco	Solúvel + Efervescência	PP Amarelo claro	Solúvel + Efervescência
CO ₃ ²⁻	Incolor	10,5	-	-	PP Branco	Solúvel + Efervescência	PP Amarelo claro	Solúvel + Efervescência
F ⁻	Incolor	6,5	-	-	PP Branco	Insolúvel	Não PP	-
C ₂ O ₄ ²⁻	Incolor	10	+	-	PP Branco	Insolúvel	PP Branco	Solúvel
HPO ₄ ²⁻	Incolor	10	-	-	PP Branco	Solúvel	PP Branco	Solúvel
PO ₄ ³⁻	Incolor	12	-	-	PP Branco	Solúvel	PP Amarelo	Solúvel
CrO ₄ ²⁻	Amarelo	8	-	+	PP Amarelo	Insolúvel	PP Vinho	Solúvel
Cr ₂ O ₇ ²⁻	Laranja	5	-	+	PP Amarelo	Insolúvel	PP Vinho	Solúvel
SO ₄ ²⁻	Incolor	11	-	-	PP Branco	Insolúvel	Não PP	-
BO ₂ ⁻	Incolor	11	-	-	PP Branco	Solúvel	PP Bege	Solúvel
SCN ⁻	Incolor	7	+	-	Não PP	-	PP Branco	Insolúvel
Br ⁻	Incolor	7	+	-	Não PP	-	PP Amarelo	Insolúvel
I ⁻	Incolor	7	+	-	Não PP	-	PP Amarelo	Insolúvel
Cl ⁻	Incolor	7	-	-	Não PP	-	PP Branco	Insolúvel
NO ₃ ⁻	Incolor	7	-	+	Não PP	-	PP Branco	Solúvel

Cor e pH referem-se à solução aquosa. (+) Resultado positivo (-) Resultado negativo. (RG) Redutor Geral. (OX) Oxidante. (N/D) Não Determinado. (PP) Precipitado.

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2 DESENVOLVIMENTO DA PLANILHA ELETRÔNICA

As etapas de desenvolvimento da planilha eletrônica no Excel foram divididas em separação por planilhas das informações teórico/práticas e correlação dos dados para a eliminação dos ânions não reativos por meio de função lógica.

No MS Excel criou-se três planilhas, Ferramenta; Doc. pH e Cor; Doc. Redox e P.P. As planilhas foram separadas para que o todo material utilizado pudesse ser organizado separadamente, permitindo que a matriz funcional da ferramenta fosse visualmente mais limpa, de modo que as planilhas que funcionam como banco de dados para o funcionamento da ferramenta também estejam organizadas para consulta ou alterações.

5.2.1 Primeira planilha: Ferramenta

Na primeira planilha, encontra-se a ferramenta com os campos a serem operacionalizados pelo aluno e/ou professor. Para a parte operacional, Figura 2, foi adaptado o formulário físico da (a) Marcha Analítica de Ânions, onde na primeira coluna foram listados os parâmetros analisados nos ensaios preliminares, na segunda coluna foi reservada para inserção dos dados experimentais obtidos pelos alunos e na terceira coluna foi inserida as funções lógicas, relacionando os dados da terceira planilha. Também foram criados quadros para (b) informações gerais do uso da ferramenta e o (c) Universo Analítico em estudo.

O formato da tabela referente a Ferramenta, nesta planilha, seguiu o modelo físico distribuído nas aulas de química analítica qualitativa experimental, para que o aspecto visual da planilha 1 se assemelha-se com o que os alunos estariam familiarizados.

Nas orientações para o uso da ferramenta foram indicados a funcionalidades dos campos por cores: as células em cinza correspondem aos resultados dos testes dos ensaios preliminares na marcha analítica; as células em amarelo são reservadas para inserir o resultado experimental do teste; as células em verde correspondem aos ânions eliminados das possibilidades; a célula em rosa corresponde a característica de pH da solução.

Figura 2: Visão geral da primeira planilha.

Orientações															
Os campos em CINZA corresponde aos teste realizados nos ensaios preliminares na marcha analítica.															
Os campos em AMARELO corresponde aos resultados experimentais a serem inseridos.															
Os campos em VERDE correspondem aos ânions eliminados, em cada ensaio.															
O campo em ROSA indica a condição do pH da solução (Ácido, Neutro e Básico)															
No campo referente a coloração, considerar a espécie em solução aquosa.															
Para o ensaio de Carater Redox usar " REDUTOR ", " OXIDANTE ", " NEUTRO " e " ANFÓTERO ".															
Para os ensaios de Ba/Ca e Ag, usar como modelo " PP coloração " ou " Não PP ".															
Para os Ensaios de CH ₃ COOH e HNO ₃ , usar " Solúvel " ou " Insolúvel ".															
Obs: Os ânions estão organizados em ordem de pKa															

Uníversono Analítico				
I ⁻	Br ⁻	Cl ⁻	Cr ₂ O ₇ ²⁻	SCN ⁻
S ₂ O ₈ ²⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	NO ₂ ⁻	C ₂ O ₄ ²⁻
CH ₃ COO ⁻	HCO ₃ ⁻	CrO ₄ ²⁻	SO ₃ ²⁻	HPO ₄ ²⁻
ClO ⁻	CN ⁻	BO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻
S ²⁻				

Marcha de Análise Química Qualitativa																			
Marcha Analítica	Resultado da Análise		Ânions Eliminados																
Coloração	incolor		-	-	-	Cr ₂ O ₇ ²⁻	-	-	-	-	-	-	-	-	CrO ₄ ²⁻	-	-	-	-
pH	12	Base	-	-	-	Cr ₂ O ₇ ²⁻	-	-	-	-	-	-	-	HCO ₃ ⁻	-	-	-	-	
Carater Redox	neutro		S ₂ O ₈ ²⁻ , NO ₂ ⁻ , SO ₃ ²⁻ , CN ⁻ , S ²⁻ , ClO ⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , CrO ₄ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻ , I ⁻ , Br ⁻ , SCN ⁻																
Ba/Ca	PP Branco		CrO ₄ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻																
CH ₃ COOH	solúvel		SO ₄ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , F ⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , CrO ₄ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻																
Ag	PP amarelo		S ₂ O ₈ ²⁻ , S ²⁻ , CrO ₄ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻																
HNO ₃	insolúvel		S ₂ O ₈ ²⁻ , ClO ⁻ , CN ⁻ , S ²⁻ , Cl ⁻ , I ⁻ , Br ⁻ , SCN ⁻																

Fonte: elaborado pelo autor.

A célula para inserir o resultado do teste de caráter redox é configurada para responder com os seguintes valores: "REDUTOR", "OXIDANTE", "NEUTRO" E "ANFÓTERO". Para as células dos resultados referente ao ensaio com Ba/Ca e Ag, usamos os termos "Não PP" ou "PP + cor", sendo PP abreviação de precipitado e as cores programadas para os resultados possíveis no universo estudado são: amarelo, branco, vinho e preto. Na célula dos resultados referente aos ensaios de solubilidade com CH₃COOH e HNO₃ foram usados na função os termos "solúvel" e "insolúvel", considerando como insolúvel todos os resultados experimentais que não forem completamente solúveis.

Alguns ânions do universo analítico estudado têm variações no espectro do amarelo, precipitando com a cor amarelo claro ou bege. Essas cores podem ser facilmente confundidas com o amarelo, por comporem o grupo desta tonalidade. Assim, visando o desenvolvimento de uma ferramenta que atenda às necessidades de todos os usuários (RODRIGUES *et al.*, 2016), as cores amarelo, amarelo claro e bege foram consideradas como amarelo apenas, sem que houvesse efeito negativo nos resultados da ferramenta.

5.2.2 Segunda planilha: Documentação de pKa/pH e Cor dos ânions

A segunda planilha, Figura 3, foi reservada para (a) a documentação dos valores de pKa/pH do universo analítico, utilizado como referência para a escrita do código para a ferramenta e do resultado dos ensaios de transferência de elétrons para determinação de redutores em geral e oxidantes. Também foram incluídos (b) quadros com as informações separados por grupos analíticos dos ânions e um (c) quadro com breve explicação para a interpretação dos resultados para redutores em geral e oxidantes.

Figura 3: Visão geral da segunda planilha.

Universo analítico em ordem de pKa																						
Anions	I ⁻	Br ⁻	Cl ⁻	Cr ₂ O ₇ ²⁻	SCN ⁻	S ₂ O ₃ ²⁻	SO ₃ ²⁻	F ⁻	NO ₂ ⁻	C ₂ O ₄ ²⁻	CH ₃ COO ⁻	HCO ₃ ⁻	CrO ₄ ²⁻	SO ₄ ²⁻	HPO ₄ ²⁻	ClO ⁻	CN ⁻	BO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	PO ₄ ³⁻	S ²⁻	
pKa	-10	-9	-7	0,98	1,1	1,7	1,9	3,2	3,3	4,3	4,7	6,4	6,5	7,2	7,21	7,3	9,3	9,2	10,3	12,4	12,9	
Cor da Solução																						
Resultado para Redutor																						
Resultado para Oxidante																						

(a)

Grupo Volátil								
Anions	S ₂ O ₃ ²⁻	NO ₂ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₃ ²⁻	ClO ⁻	CN ⁻	CO ₃ ²⁻	S ²⁻
pKa	1,7	3,3	6,4	7,2	7,3	9,3	10,3	12,9
Cor da Solução								
Resultado para Redutor								
Resultado para Oxidante								

Grupo Ba/Ca								
Anions	Cr ₂ O ₇ ²⁻	SO ₄ ²⁻	F ⁻	C ₂ O ₄ ²⁻	CrO ₄ ²⁻	HPO ₄ ²⁻	BO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
pKa	0,98	1,9	3,2	4,3	6,5	7,21	9,2	12,4
Cor da Solução								
Resultado para Redutor								
Resultado para Oxidante								

Grupo da Ag				
Anions	I ⁻	Br ⁻	Cl ⁻	SCN ⁻
pKa	-10	-9	-7	1,1
Cor da Solução				
Resultado para Redutor				
Resultado para Oxidante				

Grupo Solúvel		
Anions	NO ₃ ⁻	CH ₃ COO ⁻
pKa	0	4,7
Cor da Solução		
Resultado para Redutor		
Resultado para Oxidante		

(b)

Nesta aba, serão apresentados dados referentes ao pKa/pH e ensaios de Transferência de elétron	
As células indicam as coloração das amostras em solução antes e após os testes para redutor e oxidante.	
No ensaio de Redutor as células em ROSA, são referentes aos resultados negativos.	
No ensaio de Oxidante as células em AZUL são referentes aos resultados positivos.	

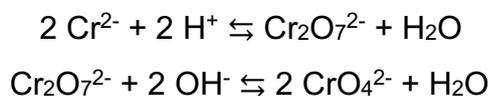
(c)

Fonte: Elaborado pelo autor

Os ânions estudados foram distribuídos por grupos e organizados em ordem crescente de pKa/pH, para os resultados dos ensaios de transferência de elétrons foram utilizadas as cores “branco”, “rosa”, “azul”, “amarelo” e “laranja” para exemplificar as cores características nos resultados. Os valores de pH foram correlacionados com os valores de pKa dos seus respectivos ácidos, visto que este é o principal parâmetro utilizado na representação das zonas de predominância das espécies. No ensaio de Redutor as células em rosa são referentes aos resultados negativos obtidos na reação do ânion com o MnO₄⁻, indicando a não transferência de

elétrons. No ensaio de Oxidante as células em azul são referentes aos resultados positivos obtidos da reação do ânion com o iodeto e a goma de amido, indicando a ocorrência da transferência de elétrons.

Ainda sobre as cores das soluções obtidas para o ensaio de redutor em geral, destaca-se os resultados obtidos na determinação dos ânions cromato, dicromato e iodeto. Os íons cromatos possuem coloração amarelada e quando são oxidados a dicromatos passam a apresentar coloração alaranjada em solução. O inverso também ocorre quando o dicromato está em presença de soluções alcalinas de hidroxilas ionizáveis (VOGEL, 1981):



A combinação das duas reações pode ser representada por (VOGEL, 1981):



5.2.3 Terceira planilha: Documentação do caráter Redox e Solubilidade.

Na terceira planilha foi disposta as informações referentes a eliminação dos ânions do universo analítico, Quadro 4. Esta planilha corresponde ao banco de dados que a ferramenta acessa para apresentar os dados referente aos resultados experimentais coletados.

O íon NO_2^- tem caráter anfótero dependendo do meio, este ânion apresenta caráter redutor em meio levemente ácido e em meio levemente alcalino apresenta caráter oxidante (VOGEL, 1981). Devido a incompatibilidade o íon NO_2^- não coexiste com outro oxidante.

Quadro 4 - Eliminação de ânions por ensaio.

Ensaio	Ânions Eliminados
Redutor	ClO^- , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, NO_2^-
Oxidante	CN^- , S^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, NO_2^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, Br^- , I^- , SCN^-
Neutro	CN^- , S^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, NO_2^- , ClO^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, I^- , Br^- , SCN^-
Anfótero	-
Ba/Ca (PP Branco)	CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
Ba/Ca (PP Amarelo)	-
Ba/Ca (sem PP)	SO_3^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , F^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , SO_4^{2-} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, BO_2^-
CH_3COOH (Insolúvel)	-
CH_3COOH (Solúvel)	SO_3^{2-} , F^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, SO_4^{2-} ,
Ag (PP Branco)	S^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, HCO_3^- , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, BO_2^- , Br^- , I^-
Ag (PP Amarelo)	S^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
Ag (PP Vinho)	S^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$
Ag (PP Preto)	-
Ag (Insolúvel)	CN^- , S^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, NO_2^- , ClO^- , HCO_3^- , CO_3^{2-} , F^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, BO_2^- , Cl^- , I^- , Br^- , SCN^- ,
HNO_3 (Insolúvel)	-
HNO_3 (Solúvel)	CN^- , S^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, ClO^- , Cl^- , I^- , Br^- , SCN^-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ressalta-se ainda, que as espécies derivadas de um mesmo sistema compartilham características físico-químicas, Quadro 4, como nos ensaios gerais os resultados obtidos para o íon de HCO_3^- valem para CO_3^{2-} , CrO_4^{2-} para o $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, HPO_4^{2-} para o PO_4^{3-} , Quadro 3. Uma vez que as condições de análise são iguais, a diferença entre as espécies se dará nos resultados de pH das soluções, Quadro 5.

Quadro 5: Região de predominância, na escala de pH, dos ânions HCO_3^- , CO_3^{2-} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} .

Ânions	Região de predominância na escala de pH
HCO_3^-	5,35 a 11,3
CO_3^{2-}	9,3 a 14
$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	0,0 a 7,5
CrO_4^{2-}	5,5 a 14
HPO_4^{2-}	6,2 a 13,4
PO_4^{3-}	11,4 a 13

Fonte: Elaborado pelo autor.

5.2.4 Aplicação Da Função SE Para Eliminação De Ânions Não Reativos

Com a estrutura visual e o conhecimento químico organizado, a escrita da função SE começou a ser desenvolvida para apresentar uma resposta a cada dado inserido nos campos referentes aos resultados experimentais, iniciando-se pela coloração da solução padrão, depois o pH da solução, caráter redox e solubilidade em $\text{Ba}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$, Ag^+ em meio ácido fraco e forte. A ordem dos parâmetros analisados foi a mesma do formulário físico utilizado nas aulas de laboratório.

As funções lógicas foram utilizadas para correlacionar resultados experimentais aplicados na ferramenta, com as informações presentes nos quadros da segunda e terceira planilhas, com o objetivo de apresentar um resultado satisfatório para cada amostra analisada, respondendo situações condicionais do universo analítico estudado.

A função SE avalia dados das células inseridas na fórmula e retorna a expressão, caso o resultado seja positivo ou negativo, podendo criar condições relacionadas, onde um retorno negativo pode gerar uma nova condição consecutivamente até que o resultado seja satisfatório (CINTO *et al*, 2015).

=Se(teste_lógico;[valor se verdadeiro];[valor se falso])

Conhecendo seus objetos de estudo, suas ferramentas e os possíveis resultados foi possível escrever a fórmula para ser utilizada no Excel, aplicando a função SE para condicionar os resultados experimentais obtidos nos ensaios preliminares com as informações documentadas de cada ânions. Configurou-se a função SE para que os resultados dos testes negativos apresentassem um traço “-” como resposta e resultados positivos respondessem com o ânion eliminado.

A combinação de mais de uma função lógica foi necessária para que em alguns casos, a fórmula continuasse a eliminar os ânions até contemplar um resultado. Para apresentar uma resposta satisfatória foi necessário que todos os dados documentados estivessem digitalizados em uma planilha, criando-se uma legenda onde cada resultado possível retornasse a um grupo de ânions com características semelhantes.

5.2.4.1 Eliminação pela Cor e pH

Para eliminar os ânions que apresentam cores em solução, a função SE foi definida considerando as informações da segunda planilha e inserida em células da segunda linha na terceira coluna, que se refere aos ânions eliminados, Figura 4.

Figura 4: Função SE para coloração do dicromato em solução.

Marcha Analítica	Resultado da Análise									
Coloração	laranja	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	12	Base	-	-	-	Cr ₂ O ₇ ²⁻	-	-	-	-

Fonte: elaborado pelo autor.

As espécies CrO_4^{2-} e $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ apresentam características de coloração em solução aquosa diferente dos demais ânions. No caso da coloração da solução teste

for alaranjada, possibilidade dentro do universo analítico, nenhum ânion pode ser eliminado, pois a cor laranja é complementada pelas demais cores das soluções dos ânions. Se a cor da solução teste for amarela, apenas o íon dicromato é eliminado e para uma solução incolor, ambos os íons cromato e dicromato são eliminados.

Desta forma a função consegue apresentar um resultado satisfatório para cada coloração programada na função, respondendo com a eliminação ou não dos possíveis ânions.

Para o teste de pH e eliminação dos ânions a função SE foi inserida utilizando os valores de pKa como referência para restringir a região de predominância da espécie em questão, Figura 5. Os destaques na Figura 5, onde (a) função SE adaptada para eliminar os ânions por meio do pKa, (b) campo destinado ao pH da solução, (c) campo destinado a classificação da solução em função do pH (Neutro, Ácido, Base), (d) campo destinado aos resultados.

Figura 5 - Visão geral da função SE empregada na eliminação de ânions no ensaio de pH da planilha.

`=SE(D18>('Doc. pH e Cor'!D4-1);"-";'Doc. pH e Cor'!D3)` (a)

Marcha Analítica	Resultado da Análise				
Coloração	laranja (c)		-	-	-
pH (b)	12	Base	-	(d)	-
Carater Redox	neutro		S ₂ O ₃ ²⁻ , NO ₂ ⁻ , SO ₃ ²⁻ , CN		

Fonte: Elaborado pelo autor.

No campo destinado ao resultado obtido no valor de pH para a amostra foi incluída uma nota na célula referente ao número de algarismos significativos. As regiões de predominância de pH são específicas para cada ânion, por este motivo as funções logicas tiveram que ser construídas com uma variação que utiliza os sinais de “maior” e “menor”, de forma que as funções indicassem a faixa de pH das espécies, respectivamente, Figura 6. A região de predominância mostra o comportamento das espécies em valores de pH, podendo estar presente desde o valor do pKa - 1 até o

final, pH 14, ou desde o valor do pKa + 1 até o início da escala, pH 0.

Figura 6: Fórmula da função aplicada ao ânion bicarbonato.

Marcha Analítica		Resultado da Análise		Ânions Eliminados								
Coloração		laranja		-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH		12	Base	-	-	-	-	-	-	-	-	HCO ₃ ⁻

Fonte: elaborada pelo autor.

No universo analítico em estudo existem espécies com características anfipróticas, como o HPO₄²⁻ e HCO₃²⁻, que adotam características ácidas quando em meio alcalino e características básicas quando em meio acidificado. O HPO₄²⁻ se comporta como base quando em presença de H₃O⁺ e se comporta como ácido quando em presença de OH⁻ (SKOOG *et al*, 2010).

5.2.4.2 Eliminação pelo Caráter Redox

Para a eliminação dos ânions por meio da avaliação do resultado do caráter redox é necessária a classificação da amostra como: redutora em geral, oxidante, anfótera ou neutra (indiferente), Quadro 6.

No ensaio de caráter redox, o nitrito (NO₂⁻) é a única espécie do universo analítico estudado que possui característica anfótera, apresentando resultados positivos tanto para o ensaio de redutor geral, como para o ensaio de oxidante.

Para o nitrato (NO₃⁻) o ensaio de oxidante é dependente da sua concentração. Em soluções muito diluídas, a espécie apresenta um falso negativo para o teste de oxidante, apresentando resultados negativos tanto para o ensaio de redutor geral, como para o ensaio de oxidante, sendo uma espécie de caráter redox neutra/indiferente.

Quadro 6 - Combinação dos resultados experimentais de transferência de elétrons.

Resultado para Ensaio de Redutor em Geral (Reação com MnO_4^-)	Resultado para Ensaio de Oxidante (Reação com $I^- + G.A.$)	Caráter Redox da Amostra
Positivo	Positivo	Anfótera
Positivo	Negativo	Redutora
Negativo	Positivo	Oxidante
Negativo	Negativo	Indiferente

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a avaliação do caráter redox, a função SE foi aplicada associando-se quatro condições para função, cada uma com os resultados de classificação do caráter redox da amostra - anfótera, redutora, oxidante, indiferente, Figura 7.

Figura 7: Fórmula aplicada ao ensaio de caráter redox.

```
=IF(D21="REDUTOR"; 'Doc. Redox e P.P.'!C3; IF(D21="OXIDANTE"; 'Doc. Redox e P.P.'!C4; IF(D21="NEUTRO"; 'Doc. Redox e P.P.'!C5; 'Doc. Redox e P.P.'!C6)))
```

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Marcha Analítica		Resultado da Análise		Â									
Coloração		laranja		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH		12	Base	-	-	-	$Cr_2O_7^{2-}$	-	-	-	-	-	-
Carater Redox		neutro		$S_2O_3^{2-}, NO_2^-, SO_3^{2-}, CN^-, S^{2-}, ClO^-, C_2O_4^{2-}, CrO_4^{2-}, Cr_2O_7^{2-}, I^-, Br^-, SCN^-$									

Fonte: elaborada pelo autor.

Os resultados de transferência de elétrons, precipitação e solubilidade dos ânions foram organizados em grupos de acordo com suas características, Quadro 4, presente da planilha 3 e a partir desta legenda as funções eliminavam grupos específicos e não um ânion por vez.

5.2.4.3 Eliminação Precipitação e Solubilização

Os ensaios de precipitação e solubilização foram divididos entre precipitação com Ba^{2+}/Ca^{2+} e Ag^+ e solubilidade em meio ácido fraco (CH_3COOH) e forte (HNO_3).

A análise dos resultados dos testes de precipitação é mais complexa pois envolvem a coloração dos precipitados, bem como o resultado da combinação das cores dos precipitados, para o caso de amostras com mais de um ânion em sua composição. Ressalta-se ainda que também foi considerada a não formação de precipitado como resultado dos ensaios de precipitação, Quadro 4.

Para os ensaios de precipitação com Ba^{2+}/Ca^{2+} a função SE foi adaptada para uma variante com três condições, onde duas remetiam a precipitados com cores distintas, branco e amarelo, e uma outra condição para a não precipitação do soluto, Figura 8.

Figura 8: Fórmula para eliminação de ânions no ensaio de precipitação com Ba^{2+}/Ca^{2+}

=IF(D22="PP Branco";'Doc. Redox e P.P.'!C7;IF(D22="PP Amarelo";'Doc. Redox e P.P.'!C8;IF(D22="Não PP";'Doc. Redox e P.P.'!C9)))

Marcha Analítica		Resultado da Análise		Ânions Eliminados											
Coloração		laranja		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH		12	Base	-	-	-	$Cr_2O_7^{2-}$	-	-	-	-	-	-	-	
Carater Redox		neutro		$S_2O_3^{2-}$, NO_2^- , SO_3^{2-} , CN^- , S^{2-} , ClO^- , $C_2O_4^{2-}$, CrO_4^{2-} , $Cr_2O_7^{2-}$, I^- , Br^- , SCN^-											
Ba/Ca		PP Branco		CrO_4^{2-} , $Cr_2O_7^{2-}$											

Fonte: elaborada pelo autor

Para os ensaios de precipitação com Ag^+ , a função SE foi escrita para atender a cinco condições, afim de atender a quatro condições de coloração de precipitados, branco, amarelo, vinho e preto, e a uma condição de não precipitação do soluto, Figura 9.

Figura 9: Fórmula para eliminação de ânions no ensaio de precipitação com Ag^+ .

=IF(D26="PP Branco";'Doc. Redox e P.P.'!C12;IF(D26="PP Amarelo";'Doc. Redox e P.P.'!C13;IF(D26="PP Vinho";'Doc. Redox e P.P.'!C14;IF(D26="PP Preto";'Doc. Redox e P.P.'!C15;IF(D26="Insolúvel";'Doc. Redox e P.P.'!C16))))))

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Marcha Analítica	Resultado da Análise		Ânions Eliminados										
Coloração	laranja		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	12	Base	-	-	-	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	-	-	-	-	-	-	-
Carater Redox	neutro		$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, NO_2^- , SO_3^{2-} , CN^- , S^{2-} , ClO^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, I^- , Br^- , SCN^-										
Ba/Ca	PP Branco		CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$										
CH_3COOH	solúvel		SO_4^{2-} , SO_3^{2-} , F^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$										
Ag	PP amarelo		$\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, S^{2-} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$										

Fonte: elaborada pelo autor.

A análise dos resultados de solubilidade dos precipitados em meio levemente ácido após precipitação com $\text{Ba}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$, e fortemente ácido após precipitação com Ag^+ , levou em consideração apenas duas condições: solúvel e insolúvel. O resultado insolúvel indica que pelo menos um ânion presente na amostra possui essa característica, e deste modo não se pode eliminar ânions que sejam solúveis. O resultado solúvel indica que ânions insolúveis não estão presentes na amostra teste.

Para indicar o resultado de solubilidade dos precipitados com $\text{Ba}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ e Ag^+ , a função SE foi aplicada considerando-se o teste lógico da função o termo "insolúvel", Figura 10. Os campos de verdadeiro e falso levaram em consideração os resultados da eliminação de ânions por ensaio, Quadro 4.

Figura 10: Fórmula para eliminação de ânions no ensaio de solubilidade em ácido forte (HNO₃).

▼ | fx | =IF(D28="Insolúvel";'Doc. Redox e P.P.'!C17;'Doc. Redox e P.P.'!C18)

B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Marcha Analítica		Resultado da Análise		Ânions Eliminados					
Coloração		laranja		-	-	-	-	-	
pH		0	Ácido	-	-	-	-	SCN ⁻ S	
Carater Redox		neutro		S ₂ O ₃ ²⁻ , NO ₂ ⁻ , SO ₃ ²⁻ , CN ⁻ , S ²⁻ , ClO ⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , Cr					
Ba/Ca		Não PP		SO ₃ ²⁻ , CO ₃ ²⁻ , HCO ₃ ⁻ , F ⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , PO ₄ ³⁻ , HPO ₄ ²⁻					
CH ₃ COOH		solúvel		SO ₄ ²⁻ , SO ₃ ²⁻ , F ⁻ , C ₂ O ₄ ²⁻ , CrO ₄ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻					
Ag		PP amarelo		S ₂ O ₃ ²⁻ , S ²⁻ , CrO ₄ ²⁻ , Cr ₂ O ₇ ²⁻					
HNO ₃		insolúvel		S ₂ O ₃ ²⁻ , ClO ⁻ , CN ⁻ , S ²⁻ , Cl ⁻ , I ⁻ , Br ⁻ , SCN ⁻					

Fonte: elaborada pelo autor.

5.3 FUNCIONAMENTO DA PLANILHA

Com todos os dados experimentais inseridos e parâmetros definidos nas planilhas, a ferramenta foi testada com amostras simuladas.

Para o primeiro teste foi considerada uma amostra contendo o ânion cromato. A informação da coloração da amostra em solução aquosa é amarela. O pH da solução aferido com a fita indicadora, é pH 8, se enquadrando como uma amostra básica. Nos ensaios de transferência de elétrons, os resultados para redutor geral e oxidante foram respectivamente, negativo e positivo, categorizando o caráter redox da amostra como oxidante. No teste de solubilidade com de Ba²⁺/Ca²⁺ foi obtido um precipitado de coloração amarelada, em presença de ácido fraco o precipitado é insolúvel. No teste de solubilidade com Ag⁺, a amostra apresentou precipitado de coloração vinho, que em presença de ácido forte o precipitado foi solubilizado. Os resultados experimentais foram inseridos na ferramenta, Figura 11.

Com os ânions eliminados pela ferramenta foi possível obter a matriz de possibilidade das espécies presentes na amostra, Quadro 8.

Quadro 8: Matriz de possibilidade da amostra simulada número 2.

CH_3COO^-	CN^-	Cl^-	NO_3^-	SCN^-
---------------------------	---------------	---------------	-----------------	----------------

Fonte: elaborada pelo autor.

5.4 AVALIAÇÃO DOCENTE DA PLANILHA ELETRÔNICA

Professores de Química Analítica do IFRJ responderam ao questionário, apresentando suas sugestões, críticas positivas e negativas da avaliação da ferramenta.

O material para avaliação da viabilidade da planilha eletrônica foi disponibilizado a 29 docentes do IFRJ, tendo 24 dias para o retorno da avaliação da ferramenta. Devido às dificuldades enfrentadas durante a pandemia do Corona Vírus COVID-19, teve-se baixo retorno das avaliações da ferramenta. Então foi feito contato com as coordenações de curso, a fim de reforçar o convite para os professores de química analítica qualitativa e/ou instrumental, sendo o prazo para responder o questionário foi prorrogado por mais 14 dias.

5.3.1 Retorno da Avaliação da planilha eletrônica via e-mail

Uma das equipes de Química Analítica demonstrou interesse no trabalho, sinalizando a complexidade elevada do tema por se tratar de um trabalho inédito em um campo de estudo pouco explorado. O representante da equipe não respondeu ao questionário, justificando que o mesmo não compreendia o trabalho em sua totalidade e indicando a necessidade de se apresentar a ideia central, contudo respondeu ao e-mail/convite com contribuições a avaliação da ferramenta.

Em resposta, foi salientado a dificuldade em compreender o motivo de alguns ensaios terem sido apresentados parcialmente e não em sua totalidade, como o ensaio de redutor forte (RF) na avaliação do caráter redox e a precipitação com íon Ag^+ em meio ácido. A falta de alguns ensaios preliminares é justificada pois a

ferramenta foi desenvolvida tendo como metodologia conceitual o modelo empregado no IFRJ CDuC, seguindo a cronologia da disciplina de Química Analítica Qualitativa Experimental. Tendo ciência que a ferramenta não contempla todos os ensaios preliminares, bem como o universo analítico não contempla os ânions em sua totalidade, já que o procedimento utilizado é adaptado para as condições locais, como por exemplo o ensaio de RF não é contemplado nos ensaios específicos pela ausência de reagentes no *campus*. De modo que optou-se por elaborar a ferramenta conforme procedimento adotado nas aulas de Química Analítica Qualitativa do IFRJ CDuC, público alvo desta ferramenta.

Ressalta-se que o uso da planilha eletrônica precisa estar alinhado com a metodologia do professor, pois quando confrontada com os aspectos pedagógicos da disciplina, deve estar associada com a experiência de desenvolvimento de habilidades experimentais promovendo sua completa integração com todas as demais disciplinas da química. Pensar, projetar, calcular, realizar o experimento (fazer) e interpretar, representando condições e compromissos para alcançar o processo de alfabetização experimental.

A forma como se dará o uso da ferramenta é o ponto mais trabalhado durante o processo de construção. O processo de ensino-aprendizagem não deve ter atalhos e sim dedicação e comprometimento, de modo que se sugere o uso da ferramenta aplicado de diversas formas. Recomenda-se o uso na análise de amostras na avaliação prática final de ânions na disciplina de Química Analítica Qualitativa, permitindo ao aluno rapidez na definição da matriz de possibilidades e maior dedicação aos ensaios específicos, última etapa avaliativa do processo. Ademais, esta sugestão de aplicação pode ser considerada no contexto em que a definição da matriz de possibilidades tenha sido trabalhada exaustivamente em momentos anteriores. Desta maneira, o aluno passa por todo processo de aprendizagem para ao final da disciplina ter acesso a ferramenta proposta ou construí-la com orientação do professor, ficando a critério a forma de aplicação da ferramenta.

5.3.2 Retorno da Avaliação da planilha eletrônica via questionário

Após a prorrogação do prazo para retorno da avaliação da ferramenta interativa, obteve-se o retorno de quatro professores, Quadro 9.

Quadro 9: Informações dos professores que responderam o formulário de pesquisa.

Avaliador	Formação	Titulação
Professor A	Engenharia Química	Doutor
Professor B	Química	Doutor
Professor C	Química	Mestre
Professor D	Química/Licenciatura e Bacharel	Mestre

Fonte: Elaborado pelo autor.

Todos os professores que responderam ao questionário possuem formação na área de química, sendo um professor com formação em Engenharia Química e um professor com formação tanto em Licenciatura quanto em Bacharelado, Metade dos professores possuem doutorado e a outra metade possui mestrado. Dois avaliadores são professores do *campus* Nilópolis e dois são professores do *campus* Duque de Caxias.

A primeira pergunta do questionário solicitou aos avaliadores que indicassem se foi observado erros de digitação. Somente o Professor D respondeu afirmativamente e fez ponderações tanto em relação ao guia de instruções como a ferramenta.

Em relação ao guia de instruções e a ferramenta foram recomendados a correção gramatical e ortográfica, como acentuação das palavras. Ainda na ferramenta foram indicadas correções quanto a flexões gramaticais (singular e plural), tempo verbal, pontuação, padronização do número de algarismos significativos para os valores de pKa, correção da sigla referente à palavra precipitado e correção da fórmula do ácido acético.

A segunda pergunta do formulário foi referente a erros conceituais e três professores responderam afirmativamente e fizeram ponderações.

O Professor A sinalizou um erro na ferramenta referente ao caráter redox do íon nitrato, pois deveria ser neutro, com resultado negativo para. Ressalta-se que o íon nitrato possui caráter oxidante, mas em soluções muito diluídas possui redução da sua ação.

O Professor C ressaltou sobre o uso do termo análise, que deve ser utilizado para amostras e não para analitos.

O Professor D indicou erros conceituais na ferramenta, visto que os íons carbonato e sulfito estavam presentes somente no grupo do volátil. Também sinalizou a ausência do íon nitrato no universo analítico, a necessidade de relacionar a acidez/basicidade à uma solução e sobre o uso do termo "insolúvel". Além disso, ressaltou que por se tratar de solubilidade deve-se informar o solvente, que neste caso é água.

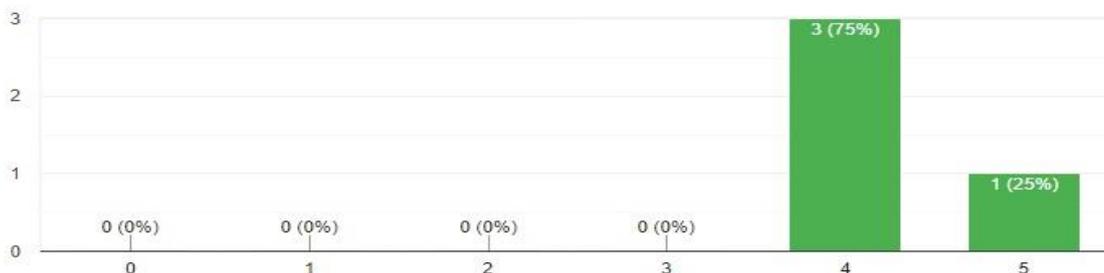
Todas as recomendações sinalizadas pelos avaliadores sobre erros de digitação e conceituais foram realizadas tanto no guia de instruções como na ferramenta.

A partir da terceira questão, os avaliadores foram questionados sobre a viabilidade do uso da ferramenta, sendo solicitados a indicar o grau de satisfação em relação ao layout da planilha, guia de instruções, nível de dificuldade para o uso da ferramenta pelo professor e tipo de interferência que o uso da planilha eletrônica poderia desempenhar durante as avaliações experimentais. Os avaliadores responderam a estas questões utilizando a escala Likert, Figura 13.

Figura 13: Resultados da avaliação via questionário.

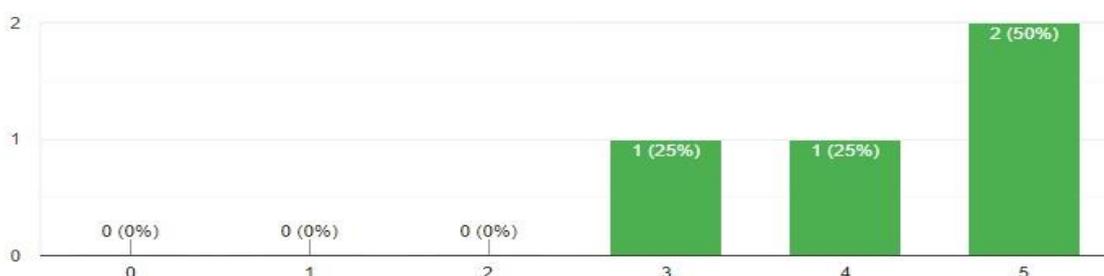
Indique o grau de satisfação com o layout da planilha?

4 respostas



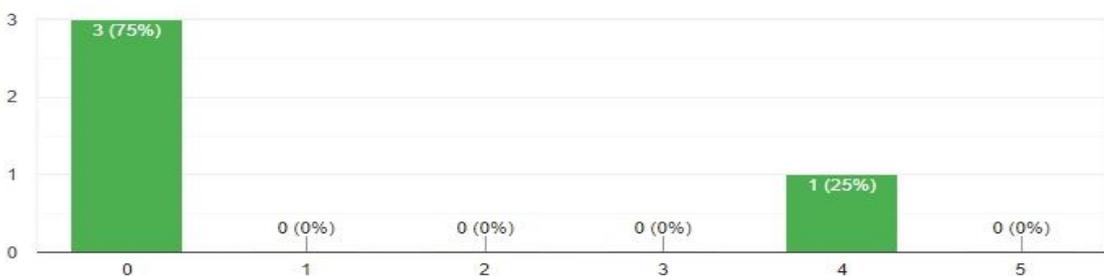
Indique o grau de satisfação com o guia de instruções?

4 respostas



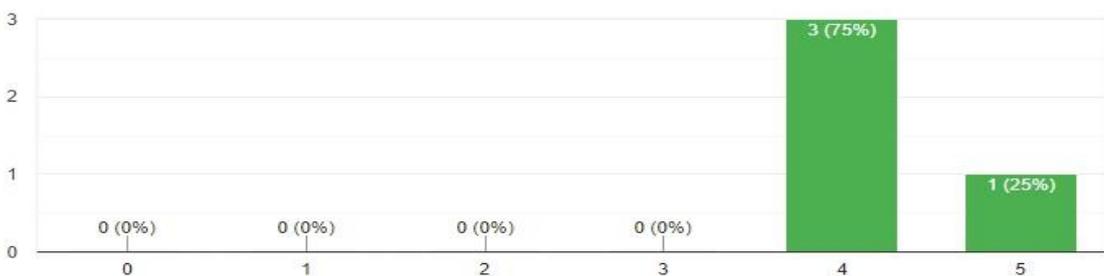
Indique o nível de dificuldade para o uso da ferramenta pelo professor.

4 respostas



Indique o tipo de interferência que o uso da planilha pode desempenhar durante as avaliações experimentais:

4 respostas



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com base na resposta dos quatro avaliadores é possível verificar que a avaliação do grau de satisfação em relação ao layout da planilha eletrônica e para o guia de instruções foi satisfatória, sendo 0 é muito insatisfeito e 5 é muito satisfeito.

Para avaliar o nível de dificuldade para o uso da ferramenta pelo professor, três avaliadores indicaram nenhuma dificuldade, tendo uma indicação para difícil. Em relação ao tipo de interferência que o uso da planilha eletrônica poderia desempenhar durante as avaliações experimentais, os avaliadores indicaram em média uma avaliação positiva.

Na sétima questão os avaliadores foram questionados se utilizariam a ferramenta em uma atividade de avaliação. O professor D indicou que utilizaria a ferramenta, os professores A e C indicaram que talvez e o professor B indicou que não utilizaria a ferramenta em uma avaliação.

Como última pergunta do questionário foi disponibilizado um espaço para os professores indicarem os pontos positivos e/ou negativos em relação ao uso da planilha. O Professor A sinalizou como ponto negativo que o aluno poderia usar a planilha eletrônica para obter a matriz de possibilidade e esquecer de todo o raciocínio utilizado para chegar ao resultado. Já como ponto positivo indicou que a matriz de possibilidade é obtida rapidamente, instantaneamente quando coloca os resultados experimentais. O Professor B somente indicou que é muito bom. O Professor C respondeu que a planilha eletrônica se mostra como uma ferramenta prática para o uso diário por parte do aluno. Além disso, pode ser útil para estudos, simulando amostras reais contendo determinados ânions, a fim de que os discentes busquem obter a matriz de possibilidades. Recomendou a introdução de um campo de respostas onde apresente ao usuário a matriz de possibilidades, sugerindo o uso de macros. O Professor D parabenizou e indicou que a planilha eletrônica é muito interessante e facilita a organização de muitos resultados. Afirmou ainda que não havia utilizado a planilha eletrônica no celular, mas que seria o meio mais fácil de acesso pelos alunos. Sugerindo que a utilização via smartphone fosse considerada. Recomendou que fosse incluído o símbolo do IFRJ, dando identidade aos responsáveis pela criação, sugerindo também que tivesse um campo contemplando o resultado final.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ferramenta interativa foi desenvolvida para auxiliar os alunos e professores durante as aulas em laboratório, abrindo portas para novas metodologias de ensino e avaliação. De forma que contribua no ensino de Química Analítica Qualitativa Experimental, melhorando o processo de ensino-aprendizagem dos alunos, tanto para cursos de nível técnico, quanto de ensino superior.

Os dados experimentais foram organizados em legendas separadas por planilhas, esses dados foram sistematizados para criar grupos de ânions dentro de células, para serem lidas pelas fórmulas criadas a partir da função SE.

A tabela criada a partir dos dados experimentais foram categorizados pela coloração apresentada em solução aquosa, valores de pKa/pH, caráter redox e solubilidade em presença de íons de Ba^{2+}/Ca^{2+} e Ag^+ , assim como, em contato com ácidos forte e fraco, CH_3COOH , HNO_3 .

A planilha eletrônica para interface dos resultados experimentais foi criada com três planilhas, referenciando resultados experimentais com dados das literaturas, expressando-os em um conjunto de informações capaz de serem lidos pelas fórmulas desenvolvidas a partir de variações da função SE.

Assim, aplicando-se as diversas variações da função SE para correlacionar os dados organizados nas planilhas 2 e 3 foi possível criar uma fórmula capaz de ler as legendas e apresentar dados verdadeiros e satisfatórios, para a eliminação de ânions.

Após o desenvolvimento da ferramenta, professores do IFRJ foram convidados a avaliarem a ferramenta, dando suas opiniões e realizando críticas. Quatro docentes da área de Química Analítica responderam indicando pontos a serem retificados e melhorados na ferramenta de acordo com as suas impressões e experiências. Todas as recomendações foram aceitas e atualizadas na ferramenta.

Nesse sentido é possível afirmar que a ferramenta permite o tratamento dos dados dos ensaios preliminares de ânions para a obtenção da matriz de possibilidade, além de inovar a “Teoria da Prática” das aulas de Química Analítica Qualitativa Experimental com uma abordagem TDIC.

7 TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista os resultados alcançados com este trabalho, sugere-se como complementação e aprimoramento deste estudo:

- Submeter a ferramenta interativa a avaliação de alunos das turmas de Química Analítica Experimental, simulando um mecanismo autodidata, em que possam criar seus próprios exercícios ou condições diferentes para testes já realizados em aula.
- Aplicar o uso da ferramenta em turmas da disciplina de Química Analítica Qualitativa Experimental, tanto do ensino médio técnico como de graduação do IFRJ-CDuC, seja no uso como uma ferramenta auxiliar para atualização de dados ou construída pelos próprios alunos. Adequar a ferramenta para atender, tanto o universo analítico como os ensaios preliminares, de outros *campi* do IFRJ.
- Avaliar a viabilidade da ferramenta para o ensino-aprendizagem das aulas experimentais de alunos com restrições ou portadores de necessidades especiais, como gestantes, lactantes, PcD/PNE e pessoas com comorbidades respiratórias e cutâneas. Uma vez que, para esses grupos as atividades práticas podem se tornar mais seguras para a saúde quando trabalhadas com reagentes placebos e os dados trabalhados com o auxílio da ferramenta. Permitindo que o currículo desse grupo não seja prejudicado pela falta das aulas de laboratório.
- Desenvolver uma versão da planilha eletrônica para utilização em dispositivos móveis, sem que haja a necessidade de softwares terceiros.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, D. P. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

AVILA, B. G.; AMARAL, É.; Müller, T.J.; Tarouco, L.M.R. **Validação de Laboratórios Virtuais de Aprendizagem baseada em uma visão Taxonômica**. RNOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação, v. 10, p. 1-10, 2012.

BATISTA, G. L. **Como criar planilhas eletrônicas: Um complemento para o ensino de Química Analítica**. Notas de Aula de Prática de Química e Bioquímica. Instituto de Química. Instituto de Química, 2008.

CASTELLS, Manuel. **A sociedade em rede**. 10. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2007.

DE LEVIE, R. **How to Use Excel in Analytical Chemistry and in General Scientific Database**. Cambridge University Press, 2001.

CINTO, A. F.; GÓES, W. M.; **Excel Avançado**. v. 2. ed. Novatec, 2015

CYSNEIROS, P. G. **Novas tecnologias na sala de aula: melhoria do ensino ou inovação conservadora?** Informática Educativa, 12(1), 11-24, 1999.

DENARI, Gabriela B.; SACIOTO, Thalita R.; CAVALHEIRO, Éder T. G. **Avaliação do uso de planilhas computacionais como uma ferramenta didática em Química Analítica Qualitativa**. Química Nova, [s.l.], p.371-375, 2016.

FERREIRA, G. L.; ARAUJO, M. H.; COSTA, V. C. **Diminuição do amido em bananas maduras: um experimento simples para discutir ligações químicas e forças intermoleculares**. In: XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, 2008, Curitiba. XIV Encontro Nacional de Ensino de Química, 2008.

FONTANA, Fabiana Fagundes; CORDENONSI, André Zanki. **TDIC como mediadora do processo de ensino-aprendizagem da arquivologia**. ÁGORA, Florianópolis, v. 25, n. 51, p. 101-131, jul./dez. 2015.

GUTZ, I.G.R. **CurTiPot Versão 4.3.1 para MS Excel (2007)**, CurTiPot Copyright© 1992-2009. <http://www.iq.usp.br/gutz/Curtipot.html>, acessado em 2021.

IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N. e ESPINET, M. **Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. Enseñanza de las Ciencias**, v. 17, n. 1, p. 45-60, 1999.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Editora 34, 1999

LIMA, L. (2000). **Atitudes: Estrutura e mudança**. In: J. Vala & M. B. Monteiro (Eds.), *Psicologia social*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

MATA, J. A. C. **Ensino de química com uso de tecnologias digitais para uma educação de jovens e adultos rejuvenescida**. 2018. 85 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. UnB, 1999. A teoria da aprendizagem significativa e sua implicação em sala de aula. Brasília: Ed. UnB, 2006.

MUELLER, H.; SOUZA, D. **Química Analítica Qualitativa Clássica**. 2. ed. Blumenau: Edifurb, 2012.

PIAGET, Jean. **Psicologia e pedagogia**. Tradução de Dirceu Accioly Lindoso e Rosa Maria Ribeiro da Silva. São Paulo e Rio de Janeiro: Editora Forense, 1970.

PONTE, João Pedro da. **Tecnologias de informação e comunicação na formação de professores: que desafios?** *Revista Iberoamericana de Educación*, n. 24, p. 63-90, set./dez. 2000.

QUEIROZ, S. L. **Do fazer ao compreender ciências: reflexões sobre o aprendizado de alunos de iniciação científica em química**. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 10, n. 1, 2004.

RODRIGUÊS, B. C. R.; LONGHIN, S. R. **A sensibilidade cromática e a leitura de cores: a discromatopsia como obstáculo para aprendizagem**. In: XVIII ENEQ - Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016, Florianópolis - SC. Anais do XVIII ENEQ- Encontro Nacional de Ensino de Química, 2016, 2016.

SANTOS, A. R.; FIRME, C. L.; BARROS, J. C. **A internet como fonte de informação bibliográfica em química**. Química Nova, v. 31, p. 445-451, 2008.
SENISE, P. E. A. **A química analítica na formação do químico**. Química Nova, v. 5, p. 137, 1982.

SCHNEIDER, E. M.; TOMAZINI-NETO, B. C.; TOBALDINI DE LIMA, B. G.; NUNES, S. A. **O uso das tecnologias digitais da informação e comunicação (tdic): possibilidades para o ensino (não) presencial durante a pandemia covid-19**. Revista Educ@ção Científica, v. 4, n. 8, p. 1071-1090, 26 out. 2020.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

TEIXEIRA, ALINE. M. S. **Apostila de ânions 2020**, Apostila de laboratório. licenciatura em química, IFRJ, DUQUE DE CAXIAS/RJ, 2020.

VALADARES, E. C. **Propostas de experimentos de baixo custo centradas no aluno e na comunidade**. Química Nova na Escola, n.º 13, p. 38-40, 2001.

VIVIANI, Daniela; COSTA, Arlindo. **Práticas de Ensino de Ciências Biológicas**. Centro Universitário Leonardo da Vinci – Indaial, Grupo UNIASSELVI, 2010.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa**. 5 ed. Mestre Jou, 1981.

APÊNDICE A – Ferramenta Interativa Para Auxiliar Na Análise De Ânions

LUIZ CARLOS REIS DA SILVA FILHO

Licenciando em Química - IFRJ *campus* Duque de Caxias

Duque de Caxias

2020

O Objetivo do trabalho de conclusão de curso “CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA INTERATIVA PARA AUXILIAR NA ANÁLISE DE ÂNIONS” é desenvolver uma ferramenta no Excel® para auxiliar, alunos e professores, nas avaliações da disciplina de Química Analítica Qualitativa, a fim de otimizar o tempo gasto no tratamento de dados para obtenção da matriz de possibilidade dos ensaios preliminares em análise de ânions.

Este documento apresenta os procedimentos de documentação realizados na análise de ânions, durante as aulas de Química Analítica Qualitativa, do IFRJ *campus* Duque de Caxias, a fim de indicar os parâmetros utilizados para o desenvolvimento e uso da ferramenta.

O universo analítico de ânions estudados está dividido em quatro grupos:

Grupo Volátil – CN^- , S^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, NO_2^- , ClO^- , HCO_3^- , CO_3^{2-}

Grupo Ba/Ca – F^- , $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$, HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, SO_4^{2-} , BO_2^- , SO_3^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-}

Grupo da Prata – SCN^- , Br^- , I^- , Cl^-

Grupo Solúvel – CH_3COO^- , NO_3^-

Geralmente, o estudo dos grupos é dividido em dois momentos, onde o primeiro é dedicado à realização dos ensaios preliminares e o segundo compreende os ensaios específicos. Nos ensaios preliminares são utilizadas soluções padrões dos ânions que compõem o grupo em estudo para a realização dos ensaios de documentação. Nesta etapa, são realizados os ensaios quanto a verificação da cor da solução, pH, transferência de elétrons, verificação da precipitação na presença dos cátions Ba^{2+} e Ca^{2+} , seguido de teste de solubilização com ácido acético, verificação da precipitação na presença do íon Ag^+ seguido do teste de solubilização com ácido nítrico.

Quadro 1 - Ensaio preliminares realizados na análise de ânions no IFRJ-CDuC.

Marcha Analítica	Procedimento	Análise dos Resultados
Coloração	Verificar a coloração da amostra após diluição em água.	A coloração da amostra elimina ânions com cores diferentes. Ex: resultado incolor, elimina ânions de soluções coloridas.
pH	Determinar o pH por meio de fita de pH (0 a 14).	O pH permite identificar possíveis ânions presentes na amostra, por meio da análise comparativa com a zona de predominância dos respectivos íons, podendo-se eliminar ânions presentes em faixa de predominância diferente do pH obtido.
Redutor em Geral	Adicionar, em placa de toque, KMnO_4 0,1 M, H_2SO_4 3 M e a amostra teste.	A mudança da coloração do íon MnO_4^- para incolor, identifica a presença de pelo menos um ânion redutor em geral.
Oxidante	Adicionar, em placa de toque, KI 5% (m/v), goma de amido (GA) 1% (m/v) e a amostra teste.	A mudança da coloração da mistura KI + GA para azul intenso, identifica a presença de pelo menos um ânion oxidante.
Ba/Ca	Ajustar o pH=10 de uma alíquota da amostra teste e adicionar $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 5% (m/v) e $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ 5% (m/v).	A formação de precipitado indica que há pelo menos um ânion do grupo Ba/Ca na amostra teste. Caso não precipite, os ânions desse grupo são eliminados.
CH_3COOH	Adicionar CH_3COOH 3% (m/v) ao precipitado obtido no teste de Ba/Ca.	A solubilização do precipitado elimina ânions insolúveis em meio acético.
Ag	Adicionar AgNO_3 0,1 molL^{-1} em uma alíquota da amostra teste.	A formação de precipitado indica que há pelo menos um ânion reativo com Ag^+ e ânions são eliminados conforme a coloração. Caso não precipite, os ânions desse grupo são eliminados.
HNO_3	Adicionar HNO_3 6 molL^{-1} ao precipitado obtido no ensaio da Prata.	A solubilização do precipitado elimina ânions insolúveis em meio nítrico.

Fonte: Elaborado pelo autor

No Quadro 1 estão relacionados os ensaios preliminares realizados na marcha analítica, bem como uma breve descrição dos procedimentos e instruções para a análise dos resultados obtidos.

As informações obtidas nos ensaios de transferência permitem definir o caráter redox da amostra como: redutora, oxidante, anfótera ou neutra (indiferente). Estas nomenclaturas são necessárias para o uso da planilha, sendo a interpretação para a combinação dos resultados de redutor em geral e oxidante relacionadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Combinação dos resultados experimentais de transferência de elétrons (Redutor em Geral e Oxidante).

Resultado para Redutor Geral	Resultado para Oxidante	Caráter Redox da Amostra
Positivo	Positivo	Anfótera
Positivo	Negativo	Redutora
Negativo	Positivo	Oxidante
Negativo	Negativo	Neutra

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com as observações obtidas na documentação dos ânions, a análise de amostras testes são realizadas aplicando-se o método de exclusão, em que os íons do universo analítico podem ser eliminados em cada etapa dos ensaios preliminares, para a obtenção da matriz de possibilidade formada pela combinação possível de coexistência de ânions presentes na amostra, diante dos resultados obtidos nos ensaios preliminares. Após a obtenção da Matriz de Possibilidades são realizados os ensaios específicos e, por fim, a definição do laudo para uma amostra teste.

APÊNDICE B – Formulário De Avaliação Da Ferramenta

Informações do Participante.

Nome do avaliador:

Instituição que atua como professor:

Formação / Graduação:

Titulação:

Avaliação da Ferramenta.

Foi identificado algum erro de digitação?

Sim

Não

Qual(is)?

Foi identificado algum erro conceitual?

Sim

Não

Qual(is)?

Indique o grau de satisfação com o layout da planilha?

Onde 0 é muito insatisfeito e 5 é muito satisfeito

0	1	2	3	4	5
<input type="radio"/>					

Indique o grau de satisfação com o guia de instruções?

Onde 0 é muito insatisfeito e 5 é muito satisfeito

0	1	2	3	4	5
<input type="radio"/>					

Indique o nível de dificuldade para o uso da ferramenta pelo professor.

Onde 0 corresponde a nenhuma dificuldade e 5 corresponde a muita dificuldade de uso.

0	1	2	3	4	5
<input type="radio"/>					

Indique o tipo de interferência que o uso da planilha eletrônica pode desempenhar durante as avaliações experimentais:

Onde 0 corresponde a negativamente e 5 corresponde a positivamente

0	1	2	3	4	5
<input type="radio"/>					

Você usaria a ferramenta em uma atividade de avaliação?

- Sim
- Não
- Talvez

Indique quais pontos positivos e/ou negativos no uso da planilha:

ANEXO A – Termo De Consentimento Livre e Esclarecidos

Termo de Consentimento Livre e Esclarecidos

(De acordo com as Normas da Resolução nº 196, do Conselho Nacional de Saúde de 10 de outubro de 1996).

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa que faz parte do Trabalho de Conclusão do Curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro campus Duque de Caxias, do licenciando LUIZ CARLOS REIS DA SILVA FILHO, cujo título (provisório) é: “CONSTRUÇÃO DE UMA FERRAMENTA INTERATIVA PARA AUXILIAR NA ANÁLISE DE ÂNIONS”. Este estudo tem como objetivo colher dados sobre a efetividade da ferramenta desenvolvida durante este trabalho e contribuir para o processo de ensino-aprendizagem.

Você foi selecionado(a) por ser um professor(a) de Química Analítica Qualitativa e sua participação é voluntária. A participação nesta pesquisa consistirá em responder um questionário sobre a avaliação da ferramenta desenvolvida neste trabalho. Não há riscos relacionados à sua participação nesta pesquisa e não implicará em nenhum custo para você. As informações obtidas por meio dessa pesquisa serão confidenciais e asseguramos o sigilo sobre a sua participação. Os dados serão divulgados de forma a impossibilitar sua identificação. Os resultados serão divulgados em apresentações ou publicações com fins científicos ou educativos. A sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador e nem com qualquer setor desta Instituição.

Declaro ter ciência deste termo e estou de acordo em participar como voluntário do projeto de pesquisa acima descrito:

Aceito