

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE MATEMÁTICA - DAMAT
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM MATEMÁTICA E CIÊNCIAS**

LUNAÍNA MARIA DE NOVAES E SILVA

**TRABALHANDO MATEMÁTICA NAS AULAS DE QUÍMICA:
PROPOSTA DE DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES DE
MODELAGEM MATEMÁTICA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO

**LONDRINA
2017**

LUNAÍNA MARIA DE NOVAES E SILVA

**TRABALHANDO MATEMÁTICA NAS AULAS DE QUÍMICA:
DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES DE MODELAGEM
MATEMÁTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Ensino de Ciências e Educação Matemática, do Departamento Acadêmico de Matemática – DAMAT, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dra. Karina
Alessandra Pessoa da Silva

**LONDRINA
2017**



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Londrina

Departamento Acadêmico de Matemática – DAMAT
Curso de Especialização em Educação Matemática e Ciências



TERMO DE APROVAÇÃO

**TRABALHANDO MATEMÁTICA NAS AULAS DE QUÍMICA: PROPOSTA DE
DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA**

por

LUNAÍNA MARIA DE NOVAES E SILVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Especialização foi apresentado em 12 de junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Ensino de Ciências e Educação Matemática. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Karina Alessandra Pessoa da Silva
Profa. Orientadora

Jader Otavio Dalto
Membro titular

Bárbara Nivalda Palharini Alvim Sousa
Membro titular

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso –

Dedico este trabalho à minha família e amigos que me apoiaram sempre, não me deixando desistir em momento algum. Dedico também aos professores e contribuintes que me orientaram e contribuíram para que esse trabalho fosse possível de ser realizado.

"Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina"

(Cora Coralina)

AGRADECIMENTOS

Implico meus agradecimentos a todos que de forma direta ou indiretamente me apoiaram nessa jornada e não me deixaram desistir de forma alguma, tenho plena consciência de que meus agradecimentos não chegarão a todos, dessa forma, de antemão, já peço desculpas, para aqueles que não serão citados de maneira explícita em meus agradecimentos, mas estão em meus pensamentos, em minhas orações e em minha gratidão.

Agradeço à minha orientadora, pelo conhecimento depositado em mim, pela paciência, pelas dicas para um melhor desenvolvimento do trabalho e pela atenção disponibilizada à mim.

Agradeço também aos meus colegas de sala, que de certa forma, contribuíram para que houvesse aprendizado a partir de conhecimentos e experiências variadas.

Agradeço à Secretaria do Curso e à Coordenação, pela cooperação e atenção.

Agradeço especialmente à minha família, que sempre me apoiou, não me abandonando nos momentos difíceis, confiando na minha capacidade até mesmo, quando eu mesma duvidava, e claramente, sem o apoio deles eu não teria condições de continuar.

Enfatizo meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que foram contribuintes de alguma forma, para que essa pesquisa se concretizasse.

RESUMO

SILVA, Lunaína Maria de Novaes e. **Trabalhando matemática nas aulas de química: desenvolvimento de atividades de modelagem matemática**. 2017. 58 folhas. Monografia (Especialização em Ciências e Educação Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017.

Esta pesquisa aborda a utilização da matemática nas aulas de química, utilizando-se de atividade de modelagem matemática para trabalhar os assuntos referentes à química de forma inovadora, corroborando para um trabalho conjunto entre as matérias, com a intenção de atrair a atenção dos alunos perante a disciplina e demonstrando que as duas matérias não se diferem tanto, conforme muitos pensam. Para se estabelecer a discussão, foram utilizados experimentos para enfatizar o uso da matemática nas aulas de química, para tornar a exposição do assunto mais clara e perceptível para as pessoas perceberem como o uso de modelagem matemática pode permitir um ensino de maneira mais dinâmica e esclarecedora. Para se estabelecer a discussão, foram utilizados exemplos de exercícios estabelecidos em livros didáticos, com experimentos e atividades, para demonstrar da melhor maneira como funcionam os processos. Com a seguinte proposta, pretende-se que a pesquisa possa colaborar com os diferentes profissionais da área, mas especificamente, com os professores de matemática e química, que podem aprender a trabalhar modelagem matemática e juntar suas práticas, a fim de trazer um novo sentido às aulas e uma nova percepção da matéria por parte dos alunos.

Palavras-chave: Ensino de Química. Ensino de Matemática. Modelagem Matemática.

ABSTRACT

SILVA, Lunáina Maria de Novaes e. **Working mathematics in chemistry classes: development of mathematical modeling activities.** 2017. 58 folhas. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ciências e Educação Matemática) - Federal Technology University - Paraná. Londrina, 2017.

This research is about the use of math in chemistry classes, using math modeling activity to work with the chemistry subjects by an innovative way, being possible to create a collaborative work with both subjects and then attract the attention of the students, showing that there is no much difference between both subjects as many people think. To set up the discussion, experiments have been developed to emphasize the use of math in the chemistry classes, turning the subject explanation more clear and visible for people to see how the use of math modeling can allow a dynamic and clear teaching. In order to build up the discussion, textbooks exercises examples were used with experiments and activities to show how the process works by the best possible way. So, with this proposal, the research intend to collaborate with the many professional of the area, more specifically with the chemistry and math teachers who can learn how to work using de math modeling and work together, in order to bring a new meaning for the classes and a new subject perception by the students.

Keywords: Chemistry teaching. Mathematics Teaching. Mathematical Modeling.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
1 MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	4
1.1 MODELAGEM E O ENSINO DE QUÍMICA: ALGUMAS PESQUISAS REALIZADAS.....	7
2 LIVROS APROVADOS NO PNLD: UMA ANÁLISE ABREVIADA	10
2.1 ANÁLISE DO LIVRO 1.....	11
2.2 ANÁLISE DO LIVRO 2.....	17
2.3 ANÁLISE DO LIVRO 3.....	22
2.4 ANÁLISE DO LIVRO 4.....	27
3 ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA E EXPERIMENTOS QUÍMICOS: UMA PROPOSTA	33
3.1 ATIVIDADE PRÁTICA 1: EBULIOSCOPIA E TONOSCOPIA.....	33
3.2 ATIVIDADE PRÁTICA DE OSMOSCOPIA.....	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	49

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, o ensino está passando por grandes dificuldades visto que está sofrendo críticas severas e, com isso, os professores perdem mais e mais o seu valor, pois além de não serem valorizados pelo governo, também não são valorizados perante a sociedade. A falta de respeito com os professores em geral e, conseqüentemente, com a educação, nos faz pensar como podemos reverter e melhorar toda essa situação pela qual o ensino está passando. Sendo assim, no nosso contexto educacional, é necessário analisar a forma como o ensino de matemática está sendo ministrado, analisando também a motivação que os professores precisam para trabalhar de uma melhor forma e acima de tudo, analisar como a escola e a sociedade podem trabalhar juntas para melhorar o quadro atual da educação no país.

É preciso que a escola forme cidadãos criativos, conscientes e críticos, capazes de resolver os problemas que surgem durante a vida. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

Em um mundo onde as necessidades sociais, culturais e profissionais ganham novos contornos, todas as áreas requerem alguma competência em Matemática e a possibilidade de compreender conceitos e procedimentos matemáticos é necessária tanto para tirar conclusões e fazer argumentações, quanto para o cidadão agir como consumidor prudente ou tomar decisões em sua vida pessoal e profissional. (PCNEM, BRASIL, 1998, p.40)

Quando o aluno relaciona à Matemática com situações que ocorrem ao seu redor, fica mais próxima a sua familiarização com os problemas que podem ser resolvidos por meio da Matemática. Para isso, o professor pode fazer uso dos conhecimentos prévios dos alunos para introduzir o estudo de conteúdos matemáticos ou mesmo aproveitar conhecimentos advindos de outras disciplinas, buscando estabelecer relações.

O que se pode observar é que o livro didático constitui um material de apoio bastante importante, especialmente quando se trata do Ensino Médio. Em muitos casos, inclusive, este é o único material usado pelo professor na preparação e desenvolvimento de suas aulas. Nesse trabalho nosso foco será o livro didático de

Química, mais especificamente, os assuntos referentes às propriedades coligativas presentes no volume destinado ao segundo ano do Ensino Médio.

Pensar em uma aula de matemática sendo ministrada dentro de um laboratório de química parece ser muito fora da realidade das escolas atuais, visto que geralmente as aulas desta disciplina são realizadas de uma maneira tradicional, na qual o professor utiliza o quadro negro, giz e o livro didático. Como professora de Química na rede pública de ensino e discente do curso de Especialização em Ciências e Educação Matemática, o objetivo dessa pesquisa foi buscar dentro da Química, conteúdos que poderiam fornecer dados numéricos para receber um tratamento matemático, dessa forma, as propriedades coligativas são uma ótima opção.

Quando se adiciona um soluto não volátil (que não evapora), como o sal de cozinha ou o açúcar, por exemplo, à um solvente volátil, como a água ou álcool, forma-se uma solução com características físicas muito diferentes das do soluto puro. São alterados principalmente os seus pontos de ebulição e de fusão, sua pressão de vapor e também o seu movimento por uma membrana semipermeável, e quanto maior a quantidade de soluto presente no meio, maior será o efeito coligativo, os nomes dados ao estudo de tais efeitos são Ebulioscopia, Tonometria, Crioscopia e Osmoscopia, que serão mais detalhadamente explicados no item 2, onde foi realizada uma análise dos quatro livros didáticos aprovados pelo PNLD (Programa Nacional do Livro Didático), mais especificamente o conteúdo dos capítulos que abordam as propriedades coligativas.

Analisamos as quatro coleções de livros didáticos de Química aprovados pelo PNLD de 2015, sendo que um deles foi adotado na escola em que lecionamos para ser utilizado nos anos de 2015 a 2017 no 2^a ano do Ensino Médio.

A ênfase desta análise diz respeito à possibilidade de se estabelecer relações entre a Matemática e atividades experimentais ao se abordar propriedades coligativas.

Nesta análise, apresentamos a Modelagem Matemática como sendo uma alternativa pedagógica em que as atividades experimentais podem ser estruturadas e desenvolvidas com viés matemático.

A partir da análise dos livros didáticos e de um estudo sobre a Modelagem Matemática como alternativa pedagógica, apresentamos três propostas de

atividades experimentais para trabalhar as propriedades coligativas nas aulas de matemática com os alunos do Ensino Médio.

A estrutura do trabalho compreende três tópicos centrais, além desta introdução e das considerações finais. No primeiro tópico apresentamos algumas considerações sobre a Modelagem Matemática, que é o nosso referencial teórico. Uma abordagem referente ao papel do livro didático e um breve histórico sobre a implantação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) são apresentados no capítulo 2. A opção metodológica escolhida e os seus procedimentos são descritos no capítulo 3. Além disso, nesse capítulo, estabelecemos relações entre a nossa proposta de ensino e aprendizagem e o referencial teórico adotado em nosso estudo. No capítulo 4, apresentamos as considerações finais de nosso trabalho. Por último, apresentamos as referências citadas e os anexos do trabalho.

1. MODELAGEM MATEMÁTICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Não é necessário pesquisar muito para saber que as áreas em que os alunos encontram menos afinidade para a aprendizagem são as áreas de exatas. Basta perguntar para um grupo de estudantes sobre qual a disciplina que eles encontram maior dificuldade e a resposta certamente será unânime. Esta dificuldade em entender a Matemática preocupa os estudantes, pois sentem que, mesmo se empenhando, não estão obtendo o rendimento desejado. Tais dificuldades têm também preocupado muitos docentes, principalmente em relação à sua prática pedagógica, sendo assim, possuem o intuito de aperfeiçoá-la, a fim de beneficiar o aprendiz diante da disciplina.

Percebendo os anseios, tanto por parte dos alunos, quanto dos professores, alguns pesquisadores da área vem estudando algumas maneiras alternativas em relação ao ensino clássico praticado nas escolas de todo o país, com a intenção de modificar a forma de ensinar, e a modelagem matemática é uma dessas maneiras que poderão ser utilizadas para melhorar a forma de ministrar as aulas de Matemática.

A Modelagem Matemática enquanto alternativa pedagógica tem sido amplamente recomendada por pesquisadores da área.

Para Almeida e Dias (2004), a Modelagem Matemática tem sido usada como alternativa pedagógica no processo de ensino e aprendizagem com a finalidade de relacionar as temáticas escolares com a realidade. A partir de uma situação, muitas vezes conhecida pelos alunos, é proposto um problema para que busquem a solução. No desenvolvimento da solução do problema, conceitos já conhecidos podem ser usados ao mesmo tempo em que novos conceitos podem ser apresentados aos alunos. Segundo Biembengut e Hein (2003)

a modelagem matemática no ensino pode ser um caminho para despertar no aluno o interesse por tópicos matemáticos que ele ainda desconhece, ao mesmo tempo que aprende a arte de modelar, matematicamente. Isso porque é dada ao aluno a oportunidade de estudar situações-problema por meio de pesquisa, desenvolvendo seu interesse e aguçando seu senso crítico (BIEMBENGUT; HEIN, 2003, p. 18).

Os modelos são importantes para que seja possível ter uma melhor compreensão dos fatos e dos acontecimentos que nos cercam, eles também

permitem que se tenha uma boa ideia a respeito de seu objeto de estudo. “Os modelos estão no centro de qualquer teoria: são as principais ferramentas usadas pelos cientistas para produzir conhecimento e um dos principais produtos da ciência” (NERSESSIAN, 1999 apud FERREIRA; JUSTI, 2007). Sendo assim, a construção de modelos é de suma importância para o avanço da ciência da tecnologia, podemos inclusive dizer que sem os modelos seria praticamente impossível fazer ciência.

No contexto escolar, um modelo pode ser compreendido como sendo uma representação próxima da realidade. Ele não é a realidade em si, mas algo que se aproxima da melhor forma possível. Sendo assim, é possível representar diversas situações cotidianas por meio de modelos, que podem ser desenvolvidos por meio da matemática – um modelo matemático. Almeida, Silva e Vertuan (2012) caracterizam um modelo matemático como

[...] sistema conceitual, descritivo ou explicativo, expresso por meio de uma linguagem ou uma estrutura matemática e que tem por finalidade descrever ou explicar o comportamento de outro sistema, podendo mesmo permitir a realização de previsões sobre este outro sistema (ALMEIDA; SILVA; VERTUAN, 2012, p. 13).

Entendemos que um modelo representa algumas características da realidade e é essa representação que permite ao estudante realizar uma ponte entre o conhecimento científico construído em um ambiente escolar e aquilo que ele vivencia em seu cotidiano. “Nesse sentido, é preciso que o aluno perceba a Matemática como um sistema de códigos e regras que a tornam uma linguagem de comunicação de ideias e permite modelar a realidade e interpretá-la” (PCNEM, BRASIL, 1998, p.40).

Silva (2007) defende que, para o desenvolvimento de uma atividade de modelagem matemática:

Inicialmente é preciso identificar o problema do mundo real. Em seguida, a situação real é simplificada, idealizada e estruturada — há a seleção de variáveis e a formulação de hipóteses. Isso leva ao modelo real da situação original. Este modelo real pode ser matematizado, deduzido e então resulta em um modelo matemático. Para trabalhar dentro desse modelo matemático uma solução matemática pode ser obtida. Essa solução tem que ser interpretada, respeitando a situação da vida real. Em seguida, o procedimento e a solução têm que ser validados. Se o modelo for válido é possível utilizá-lo para explicar, prever e decidir sobre o

fenômeno em estudo. O processo todo, ou parte dele, precisa ser repetido se o procedimento ou a solução não corresponder à realidade (p. 19).

Esses procedimentos que descrevem o desenvolvimento de uma atividade de modelagem matemática podem ser organizados no que, de acordo com Almeida, Silva e Vertuan (2012), definiram como fases da modelagem matemática: inteiração, matematização, resolução, interpretação de resultados e validação.

A inteiração corresponde ao primeiro contato com a situação-problema que se pretende estudar. É a busca por informações que possibilitarão vislumbrar o problema a ser estudado bem como as metas que orientam a sua resolução. Com a situação-problema identificada e estruturada, busca-se a elaboração de uma representação matemática, ocorrendo uma transição de linguagens; dessa forma é que a segunda fase da Modelagem Matemática é caracterizada por matematização.

A resolução compreende a construção de um modelo matemático que tem a finalidade de descrever a situação, permitindo a análise dos aspectos relevantes desta situação, respondendo as perguntas formuladas sobre o problema a ser investigado na situação e, mesmo, em alguns casos, viabilizando a realização de previsões para o problema em estudo.

A interpretação dos resultados indicados pelo modelo implica na análise de uma solução para o problema. A análise da solução constitui um processo avaliativo realizado pelos envolvidos na atividade e implica em uma validação da representação matemática associada ao problema.

As fases da Modelagem Matemática caracterizadas por Almeida, Silva e Vertuan (2012) constituem os procedimentos necessários para a realização de uma atividade de modelagem. Entretanto, elas podem não ocorrer de forma linear, pois a dinamicidade deste tipo de atividade possibilita movimentos de ida e volta.

De acordo com Almeida, Silva e Vertuan (2012), quando há uma interação de trabalho entre os alunos, também há uma possibilidade de haver uma discussão de diferentes estratégias para a resolução do problema, contribuindo assim, para a aprendizagem.

É importante ressaltar que diferentes grupos de alunos em diferentes idades e níveis de escolaridade, ou até mesmo da mesma idade e nível de escolaridade, poderão formular diferentes modelos matemáticos para uma mesma situação-

problema e que alguns serão mais simples, enquanto outros já serão mais sofisticados.

Na utilização desta alternativa pedagógica – a modelagem matemática –, o professor pode buscar em outras áreas de conhecimento, a inspiração para elaborar as atividades de modelagem que deseja desenvolver com seus educandos, realizando assim, um trabalho com característica interdisciplinar. A Química é uma das áreas que poderá ser utilizada nessa abordagem, uma vez que parte dos fenômenos por ela estudados, estão diretamente relacionados ao uso da matemática.

1.1. MODELAGEM E O ENSINO DE QUÍMICA: ALGUMAS PESQUISAS REALIZADAS

Apesar de fazerem parte das ciências naturais e de estarem intrinsecamente ligadas, é perfeitamente possível aprender Matemática sem necessariamente saber Química. Porém, na busca por temas que abordem assuntos relacionados ao cotidiano dos estudantes, podem ser encontrados na Química ótimos referenciais, uma vez que nesta disciplina, muitos conteúdos são trabalhados quantitativamente de modo que possam ser desenvolvidos via procedimentos matemáticos.

Na Química é comum e frequente a utilização de modelos, por tratar de assuntos relacionados ao mundo micro. Quando se fala de micro em Química é preciso entender que estamos referenciando as partes tão pequenas da matéria que nem mesmo podem ser vistas em um microscópio comum, por exemplo. Sendo assim os modelos tem um papel de muita importância e utilidade, pois representam as realidades, o que torna o entendimento do conteúdo em questão mais fácil de ser explicado e principalmente de ser entendido, dessa forma

Apesar da riqueza que esse tipo de trabalho pode oferecer ao ensino de Ciências, a modelagem e sua contribuição para a aprendizagem é uma área recente de pesquisa, e deve ser alvo de mais estudos para que possa fundamentar propostas de mudanças no ensino atualmente promovido (JUSTI; GILBERT, 2003 apud FERREIRA; JUSTI, 2007).

Atualmente existem muitos trabalhos acadêmicos que abordam o uso da modelagem matemática como sendo uma alternativa pedagógica nas aulas de Química. Um trabalho apresentado na Conferência Nacional, abordando o tema

Modelagem na Educação Matemática (CNMEM) do ano de 2015, com o título *O uso da Modelagem Matemática na Formação inicial de Professores de Química*, das autoras Silva e Silva (2015), apresentam dados sobre uma atividade de modelagem matemática realizada com os alunos do curso de Licenciatura em Química e as contribuições para a capacitação destes alunos para a docência. Nesta atividade os alunos determinaram se o teor da gasolina, em diferentes postos de gasolina da cidade de Londrina, estava dentro do permitido pela Agência Nacional de Petróleo. No V Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia, Silva e Silva (2016), investigaram como a coleta de dados para o desenvolvimento de atividade de modelagem matemática pode contribuir para o entendimento de conhecimentos químicos. Magnano, Martins e Fajardo (2008) utilizaram a modelagem matemática como sendo uma alternativa para o balanceamento das reações químicas por meio dos sistemas de equações lineares homogêneas, este trabalho foi realizado entre os acadêmicos do curso de Licenciatura em Química do Centro Universitário Franciscano (UNIFRA) e apresentado no 3º encontro Paranaense de Modelagem em Educação Matemática. Melo e Ripardo (2015) desenvolveram e aplicaram uma atividade que chamaram de multidisciplinar entre a Química e Matemática, na qual por meio da modelagem matemática, trabalharam com os alunos, abordando sobre as emissões e absorções de CO₂ nas queimadas de cana-de-açúcar.

Conforme observado, trabalhar atividades de modelagem matemática articuladas à química pode ser muito interessante e enriquecedor, tanto para o aluno quanto para o docente, já que na química existem possibilidades de se trabalhar matematicamente com as situações-problema. Além disso, destacamos a oportunidade para se ter um diálogo entre os professores das duas disciplinas e assim, havendo um entendimento entre ambas as partes, poderá ser realizada uma atividade de característica interdisciplinar. Neste sentido, buscamos realizar algumas propostas de experimentos para abordar os conteúdos das propriedades coligativas com viés matemático.

A Química, por excelência, é uma ciência experimental. Além de fazer parte do trabalho diário do químico, a experimentação apresenta algumas funções no que concerne ao desenvolvimento do estudante: fazer relação entre o abstrato e o concreto, problematizar e investigar.

Pela natureza abstrata de determinados conceitos e processos, a realização de experimentos pode auxiliar no estabelecimento de relações entre o que é estudado na teoria e o trabalho prático envolvido. É nessa perspectiva que a dicotomia teoria-prática se esclarece para o aluno, ao mesmo tempo em que se estabelece relação entre o abstrato e o concreto.

O uso de experimentos em sala de aula pode servir como um elemento motivador para a abordagem de determinados conteúdos, pois, além de seu efeito demonstrativo, pode servir como ponto de partida para discussões que se baseiam em levantamentos das questões sobre os fenômenos observados, permitindo problematizar as situações.

Os experimentos em sala de aula possuem um caráter investigativo porque levam o aluno a cumprir etapas do método científico. Dessa forma, partindo de um problema (que pode ser uma questão ou uma situação-problema de sua realidade), o aluno é incentivado a levantar hipóteses, testá-las, discutir os dados, comparar resultados e debatê-los, exatamente como ocorre no trabalho de um cientista. Com isso, desenvolve-se um papel autônomo e ativo no processo de aprendizagem em que se constroem as ideias à medida que o trabalho se assemelha ao desenvolvido na própria Ciência. Neste sentido, o erro pode ser aproveitado como uma fonte de reflexão e revisão de hipóteses anteriores, caminhando para uma construção efetiva de conhecimento em sala de aula.

Entendemos que essas abordagens são consideradas por autores de livros didáticos de Química e, em especial, no trabalho com as propriedades coligativas. Sendo assim, no próximo tópico apresentaremos uma análise abreviada desse conteúdo nas quatro coleções aprovadas no PNLD 2015, buscando identificar atividades que podem ser desenvolvidas por meio de abordagem matemática. Para, então, propor situações-problema no desenvolvimento de atividades de modelagem matemática em que as propriedades coligativas se fazem presentes.

2. LIVROS APROVADOS NO PNLD: UMA ANÁLISE ABREVIADA

Os livros didáticos existem desde os tempos mais remotos. Antes mesmo da invenção da tecnologia da impressão, os livros já existiam. Isso se deve ao fato de que a noção de livro didático não depende apenas da possibilidade de que cada aluno tenha o seu próprio exemplar. As diferentes culturas desenvolveram uma forma de preservação de materiais utilizados no ensino em estruturas que fossem duráveis. Havia uma certa dificuldade em disseminar livros antes da invenção do papel. Dessa forma, para auxiliar na construção do conhecimento dos alunos, os professores dispunham apenas do ensino oral. As versões escritas eram utilizadas para ajudar na memorização, uma vez que as técnicas antigas para escrever eram muito complexas. No entanto, elas eram utilizadas na construção do conhecimento.

A imprensa foi inventada em 1445 por Johann Gutenberg (cerca da década de 1390-1468). Com essa invenção foi possível realizar as impressões de um número bem elevado de cópias de livros, acelerando a reprodução dos textos. Essa invenção corresponde a um grande marco da nossa História, pois com ela foi possível fazer registros e divulgá-los de forma rápida, disponibilizando o acesso para um número cada vez maior de pessoas.

O livro didático é um importante instrumento no processo de ensino e de aprendizagem, pois auxilia o trabalho do professor e serve de material de estudo para os alunos. Muitas vezes, o livro didático é o único instrumento de apoio utilizado pelo professor, sendo assim

Longe de ser a única possibilidade de trabalho, o livro didático é um instrumento que, utilizado como complemento do projeto político-pedagógico da escola, certamente contribuirá para promover a reflexão e a autonomia dos educandos, assegurando-lhes aprendizagem efetiva e contribuindo para fazer deles cidadãos participativos. Para tanto, ele deve ser isento de erros conceituais ou preconceitos, deve incentivar o debate e estimular o trabalho do professor dentro e fora da sala de aula. É importante que sua proposta seja flexível, permitindo sua utilização em diversos contextos socioculturais e regionais (BRASIL, 2004, p. 7).

O governo brasileiro, com o objetivo de fornecer às escolas das redes federal, estadual, municipal e do Distrito Federal, obras didáticas, paradidáticas e dicionários de qualidade, criou em 1929 o Instituto Nacional do Livro (INL), um órgão especializado para legislar sobre a política do livro didático.

O trabalho político desenvolvido pelo governo brasileiro está em constante mudança e atualização para melhorar a qualidade do material que chega às mãos do professor para que este realize um trabalho adequado com os alunos na sala de aula. Com isso, nos apoiamos no PNLD 2015 que disponibilizou para as escolas públicas livros didáticos do Ensino Médio para serem utilizados nos anos de 2015 a 2017. Do total de coleções de livros didáticos analisada foram aprovadas quatro coleções de Química das quais analisamos o volume II, visto que é neste que se contempla o conteúdo de propriedades coletivas. As capas das coleções analisadas são apresentadas na Figura 1.



Livro 1

Livro 2

Livro 3

Livro 4

Figura 1 – Livros de Química para o Ensino Médio aprovados no PNLD 2015
Fonte: Reprodução

Nos próximos tópicos apresentamos, de forma resumida, uma análise de cada um dos livros supracitados. Devemos enfatizar que os dados coletados nos livros didáticos foram analisados de maneira descritiva, apenas viabilizando o objetivo de catalogar o modo como os conteúdos são apresentados em cada livro a fim de obter informações para a elaboração das propostas de atividades relacionadas à modelagem matemática.

2.1. ANÁLISE DO LIVRO 1

No livro de Química (Livro 1), dos autores Eduardo Fleury Mortimer e Andréa Horta Machado, a abordagem ao conteúdo das Propriedades Coligativas inicia-se no sexto capítulo, na página 422, do segundo volume da coleção de três volumes.

Os autores iniciam o estudo deste capítulo falando sobre as temperaturas de ebulição da água em regiões do Brasil que ficam em altitudes acima do nível do mar, além de comentar sobre o fato de que em alguns países em que as temperaturas durante o inverno são muito baixas, utiliza-se o cloreto de sódio (NaCl), mais conhecido como sal de cozinha, e também o cloreto de cálcio (CaCl₂), um outro tipo de sal, para derreter a neve que se acumula sobre as ruas e as estradas.

Em seguida, os autores falam sobre a pressão dos líquidos e sobre a sua volatilidade, definindo volatilidade como sendo a facilidade que uma substância possui para evaporar, desse modo pode-se dizer que uma substância é mais volátil que outra conforme a rapidez com que ela evapora.

Para contextualizar o assunto o autor propõe na página 425, a atividade 1 (Figura 2), que é demasiadamente simples para os professores de Química, porém muito bem pensada, na qual o professor poderá desenvolver o processo em sala de aula mesmo sem a necessidade de um laboratório, o que é muito vantajoso, pois em muitas escolas os professores não podem contar com este recurso, visto que não existem laboratórios de Química em todas as escolas.

Material
Quatro chumaços de algodão, água, álcool comum, éter etílico e removedor de esmalte à base de acetona.

Tenha cuidado!
Evite o contato com os vapores dessas substâncias.

O que fazer

A1. Dividam o quadro de giz da sala de aula em quatro partes e escrevam na parte superior o nome de cada uma das quatro substâncias (água, álcool comum, éter etílico e removedor de esmalte).

A2. Umedeçam cada pedaço de algodão com um dos quatro líquidos e distribuam para quatro colegas diferentes. Cada um desses colegas vai, simultaneamente, apertar o algodão contra o quadro de modo a fazer um traço vertical o mais longo possível.




Figura 5-4. As substâncias devem ser esfregadas no quadro.

A3. Marquem o tempo decorrido para que cada um dos líquidos seque totalmente e anotem no caderno.

Questões

Q1. Como vocês podem explicar o que observaram? Utilizem os modelos que vocês já conhecem para a estrutura das moléculas e para as interações intermoleculares das substâncias envolvidas nessa atividade.

Q2. Algumas duplas de substâncias listadas no quadro a seguir podem ser comparadas em termos de volatilidade. Expliquem as diferenças observadas considerando os modelos que vocês já conhecem para a estrutura das moléculas e das substâncias em questão.

Dupla	Mais volátil	Menos volátil
1	éter etílico	etanol
2	tetracloro de carbono	tetraóxido de carbono
3	propano	acetileno

Quadro 5-1: Comparação da volatilidade de algumas substâncias.

Q3. Vamos imaginar um experimento no qual esses mesmos líquidos estivessem dentro de recipientes fechados, aos quais fossem conectados manômetros para medir a pressão interna sobre o líquido. Após certo tempo, o que poderíamos dizer em relação à pressão medida com os manômetros?

QUÍMICA
425

Figura 2 – Atividade 1, página 425, Livro 1
Fonte: Reprodução

Na atividade apresentada na Figura 2, o professor precisa utilizar materiais simples, como por exemplo, um chumaço de algodão, água, álcool etílico, éter etílico, acetona e lousa. Para o experimento acontecer, deve embeber certa quantidade de cada líquido no chumaço de algodão e realizar um risco na lousa simultaneamente com cada solvente, de modo que os educandos possam observar qual evapora mais rapidamente, ou seja, qual dos líquidos é mais volátil e anotar os respectivos tempos de evaporação.

A seguir o autor apresenta um texto que fala sobre a volatilidade das substâncias e sua pressão máxima de vapor, definindo a pressão máxima de vapor como sendo a pressão que as partículas de uma dada substância exercem, à uma dada temperatura, quando se transformam em vapor, independentemente da quantidade de líquido. No decorrer do texto, fornecem um quadro contendo as pressões máximas de vapor que as partículas de vapor das substâncias utilizadas na atividade 1, exercem a 25 °C (Figura 3).

Substância	Pressão de vapor (mmHg) a 25 °C
água	17,5
álcool	44
acetona	200
éter	442

Quadro 6-2: Pressão de vapor de algumas substâncias.

Figura 3 – Quadro da página 427, Livro 1
Fonte: Reprodução

Estes dados poderiam ser utilizados pelo professor de matemática, em que utilizando as pressões máximas de vapor fornecidas no livro e os tempos de vaporização anteriormente anotados pelos educandos, poderia-se trabalhar o modelo matemático no qual poderia ser representado com as respectivas pressões das substâncias que variam com o tempo.

Seguindo o capítulo, outro texto foi apresentado pelos autores. O texto em questão aborda a umidade relativa do ar, e o autor contextualiza a questão da pressão máxima de vapor, apresentando as consequências dos baixos índices de umidade relativa do ar para a saúde das pessoas, fazendo comentários sobre as possíveis medidas que devem ser tomadas para amenizar tais consequências.

Na página 430, os autores propõem mais uma atividade. A atividade 2 (Figura 4), na qual se pode observar as temperaturas de ebulição das soluções quando um soluto não volátil é adicionado ao solvente, no caso a água, comparando com a temperatura de ebulição da água destilada.

ATIVIDADE 2

Observando as temperaturas de ebulição de soluções

No estado de Minas Gerais, ao se fazer café, é comum adicionar-se o açúcar à água que será usada. Normalmente, essa adição ocorre quando a água já ferveu e faz com que a ebulição da água seja interrompida.




Figura 6-10: A adição de açúcar à água em ebulição faz com que a ebulição seja interrompida.

Nesta atividade, vamos realizar medidas de **temperaturas de ebulição** de diferentes soluções para tentar explicar esse fato.

Material
Água destilada, açúcar, sal de cozinha, um termômetro, três béqueres de 300 mL, uma lamparina.

⚠️ Tenha cuidado!
Cuidado ao mexer a lamparina e água quente, pois há o risco de queimaduras.

O que fazer

A.1 Prepare os três sistemas indicados no quadro 6-3. Em seguida, aqueçam os sistemas, utilizando a lamparina, e meçam a temperatura de ebulição, utilizando o termômetro.

Experimento	Sistema
1	250 mL de água destilada
2	250 mL de água + 50 g de açúcar
3	200 mL de água + 50 g de sal

Quadro 6-3: Três sistemas para investigação.

A.2 Reproduzam o quadro 6-3 no caderno e acrescentem mais uma coluna intitulada **Temperatura de ebulição**. Nele, anotem os resultados de suas medidas.

Figura 4 – Atividade 2, página 430, Livro 1
Fonte: Reprodução

Os autores ressaltam que as temperaturas de ebulição das soluções são maiores que a temperatura de ebulição da água destilada e explicam esse acontecimento com os termos de entropia dos sistemas líquidos e de vapor. A entropia é a medida da desordem de um sistema e, sendo assim, uma substância no estado de vapor possui maior entropia do que se estivesse no estado líquido. Essa diferença de entropia em relação a substância quando está no estado líquido e no estado sólido, diminui quando se adiciona na substância líquida um soluto não volátil. A solução tem uma entropia maior do que o líquido puro, tal fato está relacionado com a diminuição da pressão de vapor do líquido que contém o soluto e conseqüentemente será sua maior temperatura de ebulição.

Esta atividade serviu de inspiração para uma das atividades experimentais que propomos nesta monografia (item 3.1), de modo que o professor poderá utilizar os dados obtidos no experimento para desenvolver o modelo matemático, determinando as temperaturas de ebulição das soluções, conforme as suas concentrações.

Em seguida, temos a atividade 3, denominada *Observando o congelamento das soluções*, que foi dividida em dois experimentos, o A e B. No experimento A, denominado pelos autores de Gelo doce e Gelo salgado, é apresentado uma comparação entre as temperaturas de congelamento da água destilada e da água com um solvente não volátil, no caso o sal de cozinha. Os béqueres, um contendo água destilada e o outro contendo uma solução saturada de cloreto de sódio (NaCl), mais conhecido como cloreto de sódio, devem ser levados ao congelador e passados 30 minutos, devem ser retirados e os resultados obtidos tem de ser observados.

Já no experimento B, denominado Pescando um cubo de gelo, os autores iniciam realizando perguntas aos leitores, do tipo, “se seria possível levantar um cubo de gelo sem tocá-lo, utilizando apenas uma linha de barbante, porém sem fazer um nó”. Neste experimento é necessário um cubo pequeno de gelo, um pedaço de barbante, água e sal. O processo consiste em embeber o barbante na água e em seguida colocá-lo em contato com o cubo de gelo, pois dessa forma poderá ser observado que não há a possibilidade de levantá-lo, porém ao se adicionar um pouco de sal sobre o barbante que está sobre o gelo e aguardar alguns segundos, torna-se possível levantá-lo. Com estes experimentos pode ser

observado que o sal diminui a temperatura de congelamento da água, e por este motivo o bécquer contendo água e sal demora mais para congelar e pelo mesmo motivo é possível “pescar” o cubo de gelo com o barbante contendo o sal, pois o sal faz com que a água do barbante demore mais para congelar quando em contato com o gelo, permitindo que seja possível levantar o gelo utilizando somente o barbante sem dar um nó, pois o mesmo, apenas adere ao cubo de gelo. Logo após os autores levantam o seguinte questionamento: Vocês seriam capazes de explicar o que foi observado? E em seguida respondem a esse mesmo questionamento, explicando também nos termos da entropia.

Como a entropia dos líquidos é maior que a dos sólidos e a entropia de um líquido contendo um solvente não volátil é maior ainda que a entropia do líquido puro, pode assim, se concluir que maior será a diferença de entropia entre a solução saturada e o sólido, de modo que esta diferença de entropia faz com que se torne mais difícil o congelamento da solução, ou seja, diminui a temperatura de congelamento/fusão da mesma.

Na quarta e última atividade deste capítulo os autores falam sobre uma propriedade coligativa conhecida como osmose. A princípio é possível observar uma pequena introdução que fala sobre os alimentos e as soluções e em seguida temos a proposta do experimento, em que se deve colocar uma pequena cenoura em um recipiente contendo uma solução de água e sal, deixando por 24 horas e é necessário observar e anotar o que está ocorrendo de 2 em 2 horas. Em seguida em um outro recipiente contendo água destilada, é importante colocar duas ameixas pretas, deixando-as por 12 horas, sempre observando e anotando de 2 em 2 horas. Em um terceiro recipiente contendo o ácido acético, se deve colocar um ovo, anotando o que ocorre nos próximos 20 minutos e logo após deixar o ovo em repouso por alguns dias, sempre anotar de 2 em 2 horas o que se observa, ou seja, quais as mudanças que são possíveis de serem identificadas. Depois de decorridos os dias suficientes para que toda a casca do ovo seja decomposta até que sobre apenas uma fina película, deve-se transferi-lo para outro recipiente contendo apenas a água destilada, anotando o que ocorre após alguns minutos e em seguida transferir o ovo novamente para outro recipiente contendo uma solução de água e açúcar, sempre realizando observações e anotando o que ocorre durante o processo. A seguir os autores propõem duas questões sobre os

experimentos e então finalizam as atividades com algumas considerações sobre os fatos que foram observados, sendo eles, o aumento e a diminuição do tamanho das cenouras, das ameixas e do ovo, atribuindo à tais fenômenos, a passagem da água presente nos recipientes, para dentro ou para fora dos alimentos em questão, uma vez que suas superfícies quando em contato com a água funcionaram como uma membrana semipermeável, e segundo os autores “a osmose é o processo de transferência de água, ou de outro solvente, de uma solução pouco concentrada para uma solução mais concentrada, através de uma membrana semipermeável” (MORTIMER; MACHADO, p. 434). Ainda em suas considerações, os autores falam sobre os processos de osmose observados em mecanismos de transporte celular que ocorre em vegetais e em organismos unicelulares, ressaltando a importância de tal propriedade coligativa. Finalizando a parte do capítulo que fala sobre a osmose, os autores contextualizam ainda mais, comentando sobre o processo de dessalinização de água que utiliza os princípios da osmose reversa, que como o próprio nome sugere, ao contrário da osmose, é um processo onde a água passa por uma membrana semipermeável de um meio mais concentrado para o meio menos concentrado.

Ao finalizar o capítulo, os autores propõem questões fechadas e também questões abertas de vestibulares e de Enem para que os alunos resolvam e fixem o conhecimento.

Um ponto importante para ser levado em consideração sobre a metodologia utilizada pelos autores é que, embora o tema deste capítulo seja propriedades coligativas e que nele, os mesmos tenham trabalhado as quatro principais propriedades coligativas, com exceção da osmose, não foram atribuídos nomes às demais propriedades coligativas. Não que denominar as propriedades faça com que o entendimento seja melhor ou mais efetivo, porém não foram citadas as palavras tonoscopia ou tonometria, ebulioscopia ou ebuliometria, crioscopia ou criometria, nomes esses que são atribuídos às propriedades coligativas por muitos autores. Em uma abordagem pouco clássica, neste livro o capítulo de propriedades coligativas foi trabalhado sem utilizar as fórmulas e leis da química, mas sim com muita contextualização de fatos do cotidiano e com atividades experimentais bem simples, de fácil entendimento e que podem ser executadas em sala de aula, sem a necessidade de um laboratório. Neste livro, as propriedades coligativas foram

explicadas em termos de entropia do sistema, enquanto que nas demais obras, que serão apresentadas no decorrer dessa pesquisa, os autores explicam tais fenômenos em função das interações entre as moléculas dos solventes e dos solutos.

2.2. ANÁLISE DO LIVRO 2

O Livro denominado Ser Protagonista (Livro 2), é uma obra coletiva, concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM. O tema propriedades coligativas foi trabalhado no terceiro capítulo, página 42, do segundo volume.

Os autores iniciam o capítulo contextualizando sobre as temperaturas de ebulição, exemplificando que um alimento cozinha mais rapidamente se em seu preparo for adicionado o sal, explicando que isso ocorre porque o sal faz com que a água ferva sob temperaturas superiores à água pura. Eles também fazem uma referência ao fato de a água ferver em temperaturas inferiores a 100 °C nas cidades localizadas acima do nível do mar, como Campos do Jordão (SP) e Teresópolis (RJ), por exemplo, explicando que isso ocorre, pois, a temperatura de ebulição está relacionada com a pressão atmosférica da região. Os autores finalizam esta introdução definindo que as propriedades coligativas são aquelas que dependem apenas da concentração de partículas do soluto e independem da sua natureza.

No primeiro tópico do capítulo denominado Tonoscopia¹ ou tonometria, os autores falam sobre a pressão de vapor de um líquido, explicando que em um sistema fechado coexistem em equilíbrio a fase líquida e a fase vaporosa, de modo que a pressão que o vapor exerce sobre a superfície do líquido é chamada de pressão de vapor. Nesse contexto, os autores ressaltam também que a pressão de vapor de um líquido depende da substância que o constitui, assim como da temperatura em que ele se encontra, de modo que se pode observar um abaixamento na pressão de vapor do líquido quando à ele é adicionado um soluto não volátil.

¹ Propriedade coligativa que investiga a diminuição da pressão máxima de vapor de um solvente volátil quando a ele é adicionado um soluto não volátil.

Os autores explicam tal fato em termos de interação intermolecular, ou seja, o efeito tonoscópico acontece devido à interação que existe entre as moléculas do solvente e do soluto. Quanto mais soluto presente na solução, maior será a dificuldade do solvente de evaporar. Os autores prosseguem este item falando sobre a lei de Raoult, definida pela seguinte fórmula: $P_{solução} = x_{solvente} \cdot P_{solvente\ puro}$, que permite calcular a pressão de vapor de uma solução ($P_{solução}$), uma vez que esta é proporcional à fração em mol do solvente ($x_{solvente}$) e da pressão de vapor do solvente puro ($P_{solvente\ puro}$). Finalizando o item, temos sete atividades, dentre elas, o exercícios objetivos e subjetivos.

No segundo tópico deste capítulo, no qual é denominado Ebulioscopia² e Crioscopia³, os autores explicam que para um líquido entrar em ebulição é preciso que a sua pressão de vapor se iguale a pressão atmosférica, de modo que ao se adicionar um soluto não volátil, a temperatura de ebulição da solução formada seja maior que a do solvente puro. Eles também explicam tal fenômeno em termos de interações, entre as partículas do soluto e do solvente, pois aquelas dificultam que o solvente evapore, sendo assim é preciso mais energia para que as moléculas se transformem em vapor, por isso que conseqüentemente, a temperatura de ebulição será maior.

De maneira similar, será necessária uma temperatura menor para que um solvente congele quando à ele for adicionado um soluto não volátil, pois segundo os autores o soluto interage com as partículas do solvente dificultando que este se organize em uma estrutura sólida.

Os autores denominam o efeito ebulioscópico e efeito crioscópico, como sendo as propriedades que aumentam as temperaturas de ebulição e respectivamente, diminuem as temperaturas de congelamento das soluções. No decorrer deste tópico os autores utilizam as seguintes fórmulas (expressões matemáticas) para calcular o aumento na temperatura de ebulição e a diminuição na temperatura de congelamento das soluções, respectivamente, $\Delta t_e = K_e \cdot C \cdot i$ e $\Delta t_c = K_c \cdot C \cdot i$, onde Δt_e indica a variação na temperatura de ebulição e Δt_c a variação na temperatura de congelamento, K_e e K_c , que respectivamente são as

² Propriedade coligativa que diz respeito ao aumento da temperatura de ebulição de um solvente volátil, quando a ele é adicionado um soluto não volátil.

³ Propriedade coligativa que investiga o abaixamento da temperatura fusão de um solvente volátil, quando a ele é adicionado um soluto não volátil.

constantes ebulioscópicas e crioscópicas específicas de cada solvente e i seria o fator de Van't Hoff, também específico para cada solução.

Esse assunto é contextualizado por meio da explicação de que os alimentos cozinham mais rapidamente quando são preparados com sal, pois este elemento aumenta a temperatura de ebulição da água na qual o alimento está sendo cozido, fazendo com que o alimento cozinhe mais rapidamente. Para contextualizar o efeito crioscópico, os autores comentam sobre o etilenoglicol, que é um aditivo que quando misturado na água do radiador dos automóveis, tem a função de diminuir a temperatura de ebulição dessa água, fazendo com que esta não congele em dias mais frios, em especial nos países em que as temperaturas são mais amenas. Os autores finalizam o item com 11 atividades de teor objetivo e dissertativo.

No terceiro e último tópico denominado de Osmose e pressão osmótica, os autores definem a osmose como sendo a passagem do solvente do meio que é menos concentrado, para o meio mais concentrado através de uma membrana semipermeável e contextualizam todo esse processo, explicando que é devido ao efeito da osmose que a salada murcha após ser adicionado sal a ela, pois as células vegetais funcionam como uma membrana semipermeável. Os autores explicam também que a osmose é amplamente utilizada nos processos de conservação de alimentos, uma vez que ao eliminar a água do interior do alimento, em especial, carnes e frutas em calda, estas são conservadas por mais tempo. No decorrer deste tópico, os autores falam sobre a pressão osmótica e a definem como sendo a pressão que deve ser aplicada para evitar que um solvente atravesse uma membrana semipermeável. Os autores também tratam da expressão que deve ser utilizada para o cálculo da pressão osmótica, sendo ela: $\pi = C.R.T.i$, onde π é o símbolo utilizado para representar a pressão osmótica, C é a concentração do soluto em mol/l, R é a constante universal dos gases, T a temperatura em Kelvin e i o fator de Van't Hoff.

Os autores ressaltam que assim como as outras propriedades coligativas a pressão osmótica só depende da concentração das partículas na solução, de modo que quanto maior a concentração de soluto, maior será a pressão osmótica da solução. Os autores contextualizam o assunto falando sobre a pressão osmótica do sangue. Eles também falam sobre a osmose reversa, definindo-a como sendo o processo em que a água é transferida do meio mais concentrado para o mais

diluído, explicando que este processo é possível quando se aplica uma pressão maior que a pressão osmótica, fazendo com que o solvente se desloque no sentido oposto ao da osmose e por essa razão se chama osmose reversa.

O processo de dessalinização é apresentado pelos autores para contextualizar o conteúdo. Esse processo é muito utilizado em regiões mais áridas, em que se obtém a água potável à partir da água do mar.

Em seguida os autores elencam sete atividades em que os educandos devem dissertar sobre o assunto. Na página 52, eles propõem uma atividade experimental (Figura 5) sobre a osmose, que foi proposta e desenvolvida nesta monografia na atividade 3.2.

Atividade experimental

Osmose

Objetivo
Compreender como o fenômeno da osmose está presente em situações de nosso cotidiano.

Material

- colher (de café)
- 2 copos plásticos transparentes
- faca (deve ser manuseada com muito cuidado!)
- 3 pedaços idênticos de chuchu
- sal de cozinha (cloreto de sódio)
- fita-crepe e caneta

Equipamentos de segurança:
Óculos de segurança e avental de algodão com mangas compridas.

Procedimento

1. Coloque água nos dois copos até atingir metade de altura.
2. Deixe o primeiro apenas com água e acrescente sal no segundo copo até obter uma solução saturada.
3. Agite a mistura.
4. Marque os copos com a fita-crepe, escrevendo "água" no primeiro recipiente e "água e sal" no segundo.
5. Coloque um pedaço de chuchu em cada copo, de modo que os dois pedaços fiquem completamente imersos no líquido, deixando-os assim durante 30 min. O terceiro pedaço de chuchu deve ficar guardado em local apropriado para servir de referência.
6. Após esse tempo, retire os chuchus dos copos, colocando cada um próximo ao respectivo copo. Observe o aspecto dos dois pedaços de chuchu e compare-os com o terceiro pedaço.

Resíduos: Descartar os líquidos na pia e os sólidos no lixo.

Análise e discuta

1. Com base em seus conhecimentos e nos resultados obtidos no experimento, explique o que aconteceu com os pedaços de chuchu.
2. Por que o milho cozido em água salgada se mostra mais endurecido do que o milho cozido apenas em água pura?
3. Por que as frutas se conservam quando estão cristalizadas?



Esquema, em cores-fantasia, de células vegetais. A membrana plasmática de organismos vivos é um exemplo de uma membrana semipermeável.

Capítulo 3 • Experimentos explorando as soluções

52

Figura 5 – Atividade experimental, página 52, Livro 2
Fonte: Reprodução

Na página 53, temos oito exercícios objetivos e dissertativos. A seguir, na página 54, os autores trazem um texto intitulado “Por que se usa sal para derreter o gelo?”, no qual, comentam um pouco mais sobre a Crioscopia e os efeitos crioscópicos. Na página 55, temos mais quatro exercícios objetivos de vestibular e do Enem. O capítulo é finalizado com um texto sobre o soro caseiro e desidratação.

Este livro traz uma abordagem bem clássica sobre os conteúdos das propriedades coligativas, usando definições, utilizando fórmulas e dando exemplos, e logo após traz exercícios para a fixação, também traz muitas contextualizações e termos da atualidade para facilitar a compreensão dos processos.

2.3. ANÁLISE DO LIVRO 3

No Livro Química Cidadã (Livro 3), dos autores Wildson Santos e Gerson Mol, o conteúdo de propriedades coligativas é trabalhado no quarto capítulo, na página 96 do segundo volume.

Os autores iniciam o capítulo falando sobre a gestão dos recursos hídricos, o uso sustentável da água, e à seguir tratam das propriedades da água, como as ligações de hidrogênio, as características físico-químicas e a solubilidade dos materiais.

Somente no quarto tópico, na página 118, os autores dão início ao tema das propriedades coligativas, no qual os mesmos ressaltam que: “As propriedades das soluções que dependem do solvente e da concentração do soluto, e não da natureza deste, são denominadas propriedades coligativas” (SANTOS; MOL, p. 119).

Inicialmente, na página 119, há uma proposta de atividade experimental (Figura 6), para entender a pressão de vapor dos líquidos, que é parecida com aquela proposta no Livro 1, em que se deve observar o tempo de evaporação de três substâncias: a água, o álcool e a acetona.

As propriedades das soluções que dependem do solvente e da concentração do soluto, e não da natureza deste, são denominadas **propriedades coligativas**. Essas propriedades têm várias aplicações práticas e são utilizadas na determinação de outras propriedades das substâncias.

Do ponto de vista químico, as propriedades coligativas mais importantes são:

- abaixamento da pressão de vapor;
- abaixamento da temperatura de fusão;
- elevação da temperatura de ebulição;
- variação da pressão de osmose.

Como as propriedades coligativas estão relacionadas a soluções, é importante conhecer bem as propriedades dos solventes em questão. Duas propriedades do solvente importantes nesse estudo são: a pressão de vapor e a temperatura de ebulição.

Mas o que é pressão de vapor? É o que veremos a seguir!

Química na escola Consulte as normas de segurança no laboratório, na última página deste livro.

Os líquidos evaporam com a mesma rapidez?

A evaporação, passagem da fase líquida para a fase gasosa, ocorre lentamente na superfície dos líquidos. Este experimento, que poderá ser feito em grupo em sala de aula, tem como objetivo observar se as evaporações de diferentes líquidos ocorrem na mesma intensidade.

Material

- água
- álcool
- solvente para limpeza de esmalte
- três colheres (de sopa)
- três conta-gotas

Procedimento

1. Coloque as colheres próximas.
2. Pingue dez gotas de água na primeira colher, dez gotas de álcool na segunda colher e dez gotas de solvente para limpeza de esmalte na terceira colher.
3. Observe e marque o tempo que cada material gasta para evaporar completamente.

Destino dos resíduos

Os resíduos desta prática podem ser descartados na pia.

Análise de dados

1. Qual é a ordem de evaporação dos líquidos observada no experimento?
2. Analisando os dados e o gráfico ao lado, justifique as diferenças das curvas de evaporação apresentadas no gráfico.

↳ Em uma mesma temperatura, líquidos diferentes apresentam diferentes valores de pressão de vapor.

Figura 6 – Atividade experimental, página 119, Livro 3
Fonte: Reprodução

Neste experimento simples para aqueles que fazem parte do mundo da Química, e eficaz para sua finalidade, o professor pode, por exemplo, trabalhar o modelo matemático da evaporação destas substâncias e relacioná-lo com as representações gráficas apresentadas no livro.

Em seguida, na página 120, os autores introduzem a ideia da pressão de vapor, definindo-a como “Pressão de vapor de um líquido, a uma dada temperatura, é a pressão exercida pelo vapor quando as fases estão em equilíbrio” (SANTOS; MOL, p. 120). Outra definição que os autores oferecem em relação à essa ideia de pressão de vapor, ainda nessa página é que a mesma depende da temperatura e das interações intermoleculares, afirmando que a pressão de vapor

dos líquidos e a volatilidade são as mesmas coisas. Para demonstrar isso, apresentam uma representação gráfica que pode ser analisada em termos matemáticos com os alunos atrelando-se ao conteúdo de química (Figura 7).

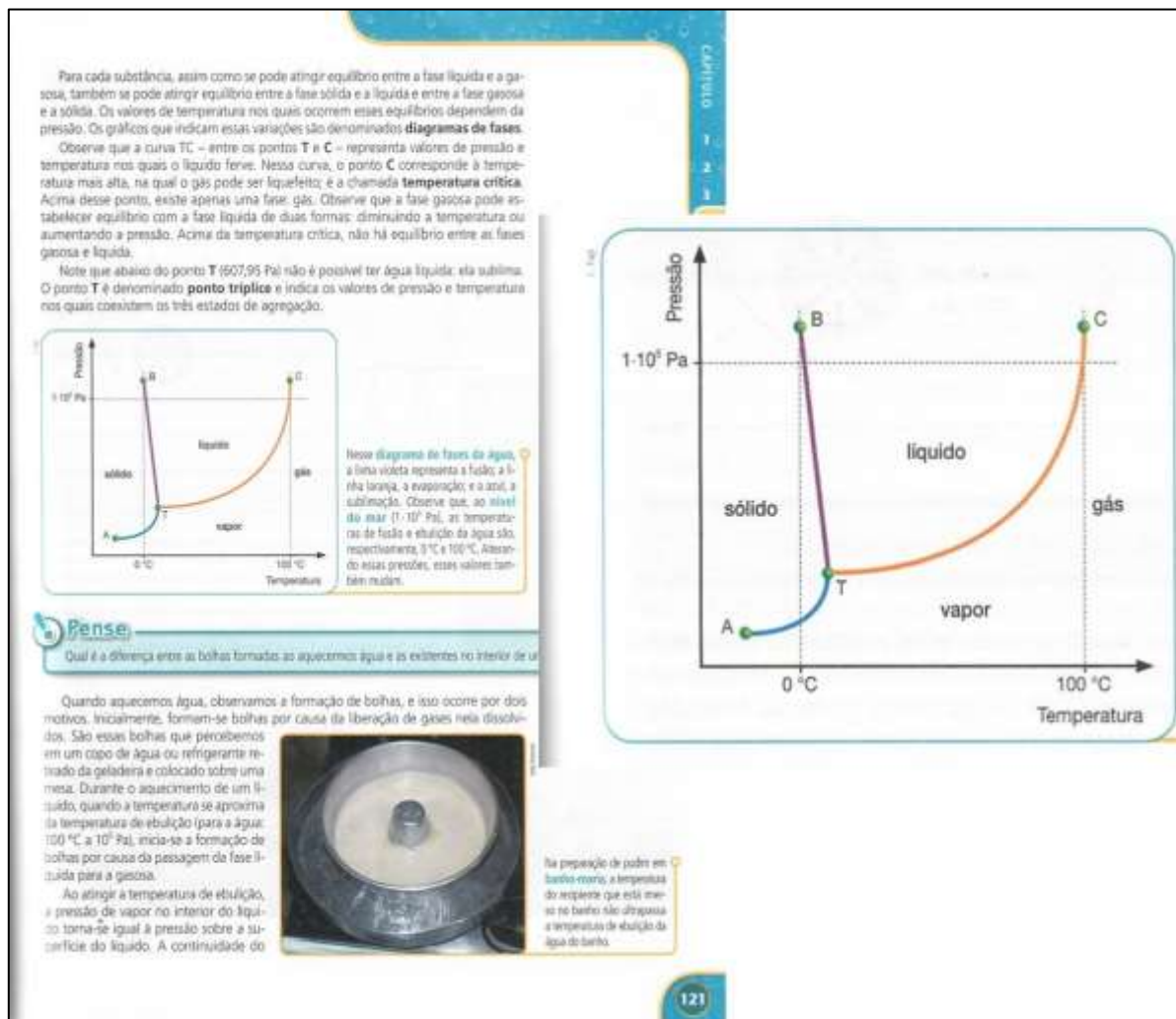


Figura 7 – Gráfico apresentado pelos autores, página 121, Livro 3
Fonte: Reprodução

Nesta imagem temos as diferentes pressões de vapor da água pura à diferentes temperaturas, já que, no caso de um sistema fechado (observar o desenho da figura 7), a pressão é medida pela força que as moléculas que evaporam exercem sobre as paredes do recipiente que as contém, então pode ser concluído que quanto maior a temperatura, mais moléculas estarão evaporando de modo que maior será a pressão de vapor, ou seja, são grandezas diretamente proporcionais. Articulando este processo matemático o professor poderia, por

exemplo, solicitar um gráfico que represente esta situação e trabalhar com os seus alunos, o tipo de função que elas obedecem.

Na página 122, os autores falam sobre a temperatura de ebulição de um líquido, ressaltando que esta depende da pressão externa exercida sobre a superfície deste líquido, de modo que, quanto maior a altitude, menor será a pressão e conseqüentemente menor será a temperatura de ebulição. Sendo assim, nas regiões acima do nível do mar a temperatura de ebulição de um líquido será menor que nas regiões que ficam abaixo do nível do mar. Os autores contextualizam o tema falando a respeito das cidades que ficam acima e abaixo do nível do mar no Brasil, correlacionando com as temperaturas de ebulição da água nestas regiões.

Na página 123 (Figura 8), temos um infográfico demonstrando as relações entre a pressão e altitude, de modo que o professor pode trabalhar matematicamente estes dados com os alunos.

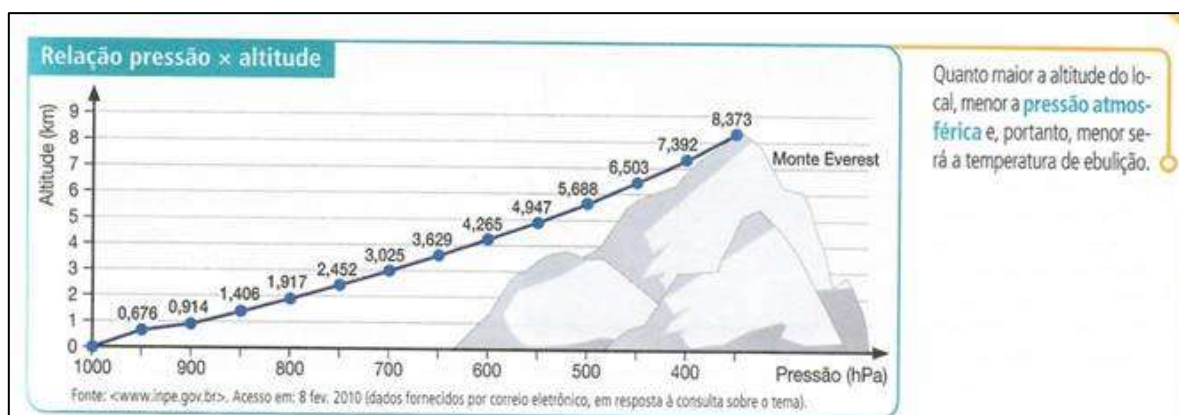


Figura 8 – Infográfico apresentado pelos autores, página 123, Livro 3
Fonte: Reprodução

Esta figura representa um caso onde as grandezas são inversamente proporcionais, pois quanto maior a altitude, menor será a pressão atmosférica. O professor de matemática poderia, por exemplo, aproveitar para falar sobre as variáveis dependentes e independentes, pois assim, pode ajudar aos alunos à entenderem melhor este assunto. E então dependendo do ano escolar que se está trabalhando, o professor poderá trabalhar desde o tratamento da informação até o plano cartesiano e as funções.

Em seguida, no item denominado *Abaixamento da pressão de vapor*, os autores explicam que a adição de um soluto não volátil à uma solução, diminui a pressão de vapor e um conseqüente atraso em sua ebulição, ressaltando que isso se deve a quantidade de partículas adicionadas ao sistema, independente da natureza de suas partículas. Os autores referenciam que “o estudo da variação da pressão de vapor de um solvente pela adição de um soluto não volátil é denominado Tonometria ou Tonoscopia.” (SANTOS; MOL, p. 124).

No próximo tópico, denominado, *Elevação da temperatura de ebulição*, os autores explicam que quanto maior for a concentração em mol (quantidade de matéria) do soluto, adicionado ao solvente em uma mesma quantidade de solvente, maior será o aumento na temperatura de ebulição e que é devido a essa maior temperatura que os alimentos cozidos em água com açúcar ou sal, ficam prontos mais rapidamente. Ebulliometria ou Ebullioscopia é a denominação dada ao estudo da variação de temperatura de ebulição de um solvente, pela adição de um soluto não volátil, assim o definem os autores. O abaixamento da temperatura de fusão é o próximo item, no qual os autores definem como sendo o estudo da variação de temperatura de fusão de um solvente pela adição de um soluto não volátil, denominando criometria ou crioscopia.

Em seguida, é proposto um experimento que o professor poderia adaptar e trabalhar matematicamente as relações a respeito das quantidades de soluto adicionado e o tempo de congelamento da água (Figura 9).

Como evitar problemas desse tipo? No caso de água para refrigeração dos motores, alguns produtos químicos comerciais podem ser acrescentados para evitar seu congelamento. Esses aditivos têm a finalidade de diminuir a temperatura de fusão do líquido de refrigeração, evitando que o carro esfrieça com o motor congelado. Além disso, o aditivo eleva a temperatura de ebulição do líquido de refrigeração, dificultando que ele ferva se o motor se aquecer além do normal.

Vamos, agora, voltar ao caso dos oceanos. Como o sal diminui a temperatura de solidificação da água, o mar não se congela em locais perto dos polos, apesar de a temperatura aí atingir valores inferiores a 0 °C. Isso pode ser observado no experimento a seguir.



A correta utilização dos diversos tipos de aditivos e fluidos existentes no mercado ajuda na redução dos gastos com a manutenção dos veículos. Devido a suas propriedades físico-químicas, esses produtos ajudam a manter os veículos mecânicos em boas condições de funcionamento.

Capítulo
 1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Química na escola

Destina-se ao ensino de segurança no Laboratório, na última página deste item.

Podemos evitar que um líquido congele?

Pense

Que líquido apresenta maior temperatura de fusão: água ou água com sal?

Materiais

- dois tubos de ensaio (ou sorquinhos plásticos)
- um biquete (ou copo)
- gelo
- água destilada (ou filtrada)
- cloreto de sódio (sal de cozinha)



Procedimento

1. Coloque gelo picado no biquete até a metade de seu volume.
2. Adicione sal equivalente a um terço da quantidade de gelo e misture bem.
3. Tire um tubo de ensaio, coloque água até a metade de seu volume.
4. No outro tubo de ensaio, coloque uma solução saturada de cloreto de sódio (solução com sal depositado no fundo do recipiente) até a metade de seu volume.
5. mergulhe, simultaneamente, os dois tubos no gelo do biquete e observe por cinco minutos.

Destino dos resíduos

Figura 9 – Atividade experimental, página 125, Livro 3
Fonte: Reprodução

Através desta atividade experimental pode-se ter uma boa noção de como a adição de um soluto interfere na temperatura de fusão de um solvente, visto que quanto mais soluto se adiciona menos será o abaixamento na temperatura de ebulição, além de trabalhar o modelo matemático, temos aqui uma ótima oportunidade para trabalhar as conversões de temperatura de graus celsius para kelvin, ou fahrenheit e explicar que estas são as escalas de temperatura utilizadas em outros países. Muitas vezes os educandos não compreendem que estas conversões não mudam a temperatura em termos físicos, ainda mais quando se trata daqueles das séries dos anos finais do ensino fundamental, sendo assim, realizar este tipo de experimento, além de não oferecer nenhum tipo de perigo, por não se tratar de altas temperaturas, ainda poderá ajudá-los na compreensão dos cálculos.

O último item do capítulo é sobre a osmose, em que os autores a definem como sendo “o fluxo de solvente, através de uma membrana semipermeável, de uma solução diluída (ou de um solvente puro) para uma solução mais concentrada” (SANTOS; MOL, p. 127). Os autores contextualizam abordando o uso na conservação de alimentos e nos sistemas biológicos celulares essenciais para os diversos processos vitais presentes nas plantas e nos animais e ainda na dessalinização da água salgada por meio da osmose reversa. Para finalizar o capítulo é apresentado um total de 23 exercícios objetivos e dissertativos.

2.4. ANÁLISE DO LIVRO 4

No Livro da autora Martha Reis (Livro 4), o estudo das propriedades coligativas é realizado a partir do oitavo capítulo, na página 115, do segundo volume da coleção de três livros.

A autora inicia o capítulo com um texto comentando sobre a escassez de água no país e sobre uma possível saída para este problema que seria a dessalinização da água do mar. A autora levanta alguns questionamentos sobre “como seria possível obter água potável a partir da água do mar?”; “por que a água do mar não congela em temperaturas abaixo de zero grau?”; “como fazer para que a água dos radiadores dos carros não congelem em lugares muito frios?”, dentre outras, ressaltando que as respostas para estas perguntas poderão ser encontradas no estudo das propriedades coligativas.

No livro é definido, de um modo geral, que as propriedades coligativas são as propriedades do solvente que se modificam na presença de um soluto não volátil (REIS, p. 117), e ainda que “as alterações das propriedades coligativas (efeitos coligativos) serão as mesmas se o número de partículas adicionada em determinado volume de solvente for o mesmo”.

Tonoscopia é o título do primeiro tópico e, inicialmente a autora explica que a pressão máxima de vapor de uma substância é considerada como sendo a maior pressão relacionada aos seus vapores que exercem em uma determinada temperatura e que quando esta pressão se iguala à pressão externa o líquido entra em ebulição. Para tanto, na página 119, a autora apresenta um quadro com as temperaturas (em °C) de ebulição da água á diferentes pressões (em miligramas de mercúrio) e duas representações gráficas (Figura 10).

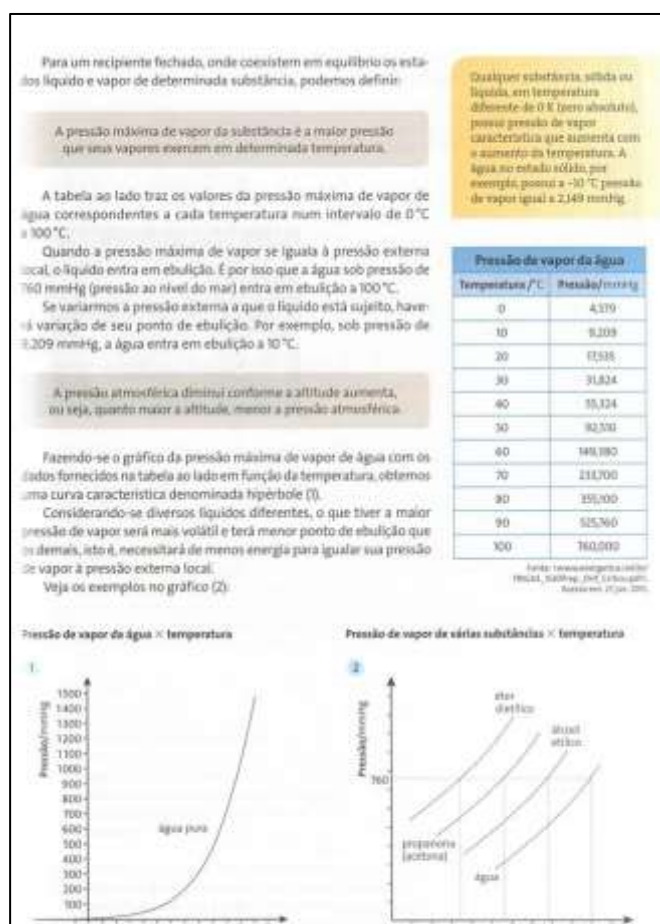


Figura 10 – Abordagens matemáticas, página 119, Livro 4
Fonte: Reprodução

Nesta página 119 do livro, conforme podemos observar na figura 10, temos uma tabela que relaciona as pressões de vapor da água em diferentes temperaturas e em seguida temos o gráfico 1 que expressa estes valores. Articulando a química à matemática o professor poderia propor que os alunos construíssem tabelas e anexassem seus respectivos gráficos mudando as unidades de pressão e temperatura, já que aqui a pressão é expressa em miligramas de mercúrio (mmHg) e a temperatura em graus celsius, dessa maneira, poderiam ser trabalhados as diferentes unidades que expressam a pressão, como por exemplo o atm (atmosferas) e o Pa (pascal) e suas conversões.

Em seguida a autora apresenta um texto com um fato curioso e que os demais livros não haviam abordado, assunto este que se trata da questão de que em lugares de grande altitude se torna muito difícil cozinhar alimentos, como os ovos e arroz, ou simplesmente preparar bebidas quentes como os chás e cafés, já que devido a elevada altitude, e conseqüentemente menor pressão atmosférica, a água acaba fervendo em temperaturas muito inferiores, dificultando assim, o cozimento dos alimentos.

O tema *Pressão máxima de vapor na solução*, é abordado com relação à pressão máxima de vapor do solvente em uma solução sempre menor que a do respectivo solvente puro. Segundo Reis, isto ocorre porque as partículas do soluto acabam por bloquear/atrapalhar o escape das moléculas do solvente do sistema, ocasionando a diminuição da quantidade de moléculas à evaporar, diminuindo conseqüentemente sua pressão de vapor.

Na página 121 (Figura 11), a autora traz um quadro que mostra como as pressões de vapor podem variar de uma solução aquosa de sacarose em diferentes concentrações, dessa forma, temos aqui mais uma oportunidade de trabalhar matematicamente os dados fornecidos.

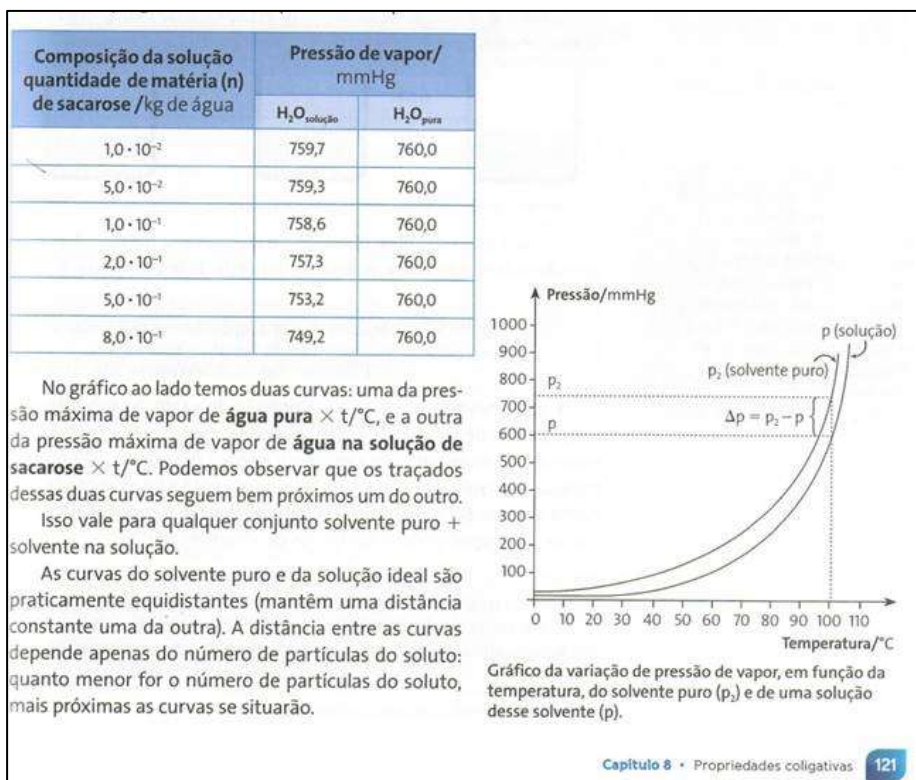


Figura 11 – Abordagens matemáticas, página 119, Livro 4
Fonte: Reprodução

A figura 11 traz uma tabela de comparação entre a pressão de vapor da água pura e a da solução formada pela adição de diferentes quantidades de soluto, observando-a podemos perceber que quanto maior a quantidade de soluto, maior será a diminuição na pressão de vapor da solução. Os dados desta tabela foram utilizados como referência da atividade 3.1, pois já que seria preciso um equipamento específico para verificar as pressões de vapor das soluções do experimento realizado e não dispomos deste equipamento, realizaremos o tratamento matemático utilizando os dados fornecidos pelos autores nesta tabela.

Ebulioscopia é o título do tópico 2, no qual a autora o define como sendo o estudo do aumento do ponto de ebulição do solvente, que é causado pela adição de um soluto não volátil, ressaltando que a temperatura de ebulição de um solvente em uma solução de soluto não volátil é sempre maior que a do solvente puro, sempre relacionado à uma mesma pressão. Prosseguindo, a autora explica a relação entre a pressão máxima do vapor e a temperatura de ebulição, afirmando que a temperatura de ebulição de um solvente em solução de soluto não volátil, será maior pois, conforme visto anteriormente a adição do soluto não volátil diminui

a pressão de vapor do solvente, de modo que conseqüentemente será necessário fornecer mais energia para que a solução entre em ebulição, e assim logo a temperatura terá que ser maior.

Para a abordagem do conteúdo sobre ebulioscopia, a autora apresenta um quadro, em que se pode comparar como funciona a variação da pressão de vapor e a temperatura de ebulição da água quando à ela é adicionada o açúcar, um soluto não volátil.

O estudo do abaixamento do ponto de solidificação do solvente causado pela adição de um soluto não volátil é o tema do terceiro tópico, no qual será abordado sobre a Crioscopia. A autora explica que para que um líquido congele é preciso que a sua pressão de vapor se iguale a pressão de vapor da fase sólida e que a adição do soluto não volátil provoque um abaixamento na pressão de vapor da solução formada, de modo que para que esta congele é preciso resfriá-la para abaixar a pressão de vapor da fase sólida, até que esta se iguale à da fase líquida, ocorrendo assim o congelamento.

O quarto e último item, aborda sobre o estudo da Osmocopia, definindo-a como sendo “a passagem espontânea de solvente de uma solução mais diluída para outra mais concentrada através de membranas semipermeáveis” (REIS, p. 129). A autora contextualiza o assunto, falando sobre a osmose nos seres vivos, assim como, na conservação de alimentos e da dessalinização da água do mar por meio da osmose reversa.

Na página 127, propõe-se um experimento a respeito da osmose e da condutividade elétrica, que mostra os princípios da osmose e que o professor pode adaptar, utilizando um aparelho que mede a condutividade elétrica da solução conforme o processo de osmose for ocorrendo e a concentração de cloreto de sódio for diminuindo, de modo que possa trabalhar o modelo matemático para a condutividade elétrica da solução formada.

A autora também contextualiza sobre o assunto, explicando como é feita a dessalinização da água, porém, diferente dos outros autores, ela fala sobre as outras opções, além da osmose reversa que é utilizada nos aparelhos de dessalinização, mas que também utilizam-se os princípios das propriedades coligativas, como, por exemplo, a destilação da água do mar, que utiliza os princípios da Ebulioscopia e da Tonoscopia e que consiste em aquecer esta água

até que evapore, de modo que seus vapores passem por um destilador e depois sejam resfriados até se tornar líquido novamente. Porém, agora livre do sal, ou então, utilizando os princípios da Crioscopia, pode-se resfriar a água do mar até que ela congele, pois o gelo formado fica livre do sal e podem ser separados, afim de obter água potável de boa qualidade. Ao fim de cada tópico a autora traz perguntas objetivas e dissertativas sobre as propriedades coligativas.

3. ATIVIDADES DE MODELAGEM MATEMÁTICA E EXPERIMENTOS QUÍMICOS: UMA PROPOSTA

Neste capítulo apresentamos duas propostas de atividades experimentais em que é possível observar os efeitos coligativos quando se adiciona à um solvente, um soluto não volátil. Para isso, organizamos as atividades destacando os objetivos, os materiais necessários para sua execução, os procedimentos de desenvolvimento do experimento e a abordagem matemática a ser realizada utilizando o *software* GeoGebra⁴. O experimento sobre Ebulioscopia foi inspirado na atividade 2, da página 430, do livro dos autores Eduardo Fleury Mortymer e Andréa Horta Machado. No experimento de Tonoscopia utilizamos os dados da tabela da página 120 do livro da Martha Reis. Já no experimento de Osmoscopia, que está na página 52 do livro Ser protagonista, foi seguido praticamente na íntegra.

3.1 ATIVIDADE PRÁTICA 1: EBULIOSCOPIA E TONOSCOPIA

Objetivo

Observar os efeitos Ebulioscópicos e Tonoscópicos quando são adicionados diferentes quantidades de um soluto não volátil, no caso a sacarose (açúcar comum) e o cloreto de sódio (sal de cozinha) à um solvente, no caso a água. A partir dessa abordagem, trabalhar matematicamente a fim de ressaltar como a temperatura de ebulição das soluções varia em função da quantidade em mols de soluto adicionado. Já a parte da Tonoscopia, como não disponibilizamos de equipamento para medir as pressões das soluções, e para fazer os cálculos teóricos seria necessário ter as pressões das soluções puras em cada temperatura de ebulição, então optamos por utilizar os dados do livro da Martha Reis, contidos na página 121.

Material

⁴ O GeoGebra é um software livre e gratuito que pode ser acessado pelo site https://googleweblight.com/?lite_url=https://www.geogebra.org/download&ei=TTuQEJT9&lc=pt-BR&s=1&m=964&host=www.google.com.br&ts=1490055730&sig=AJsQQ1Cm0fQDVvh_HC4XkJAVciUfy0RkBQ.

- Recipiente que suporte o aquecimento com a capacidade mínima de um litro;
- Termômetro.
- Suporte de ferro com garra ou algo similar, que segure o termômetro durante o aquecimento;
- Bico de Bunsen, lamparina ou fogão;
- Água de torneira;
- Espátula, colher de plástico ou metal;
- Sal de cozinha;
- Açúcar;
- Balança ou colheres de medidas;

Procedimentos

1. Inicialmente, em uma balança, foi determinada a massa de quantidades de açúcar e sal que cabem nas colheres medidoras, conforme demonstra a Figura 12.



Figura 12 – Determinação da massa dos solutos
Fonte: Arquivo da autora

A colher de sal é menor do que a colher de açúcar e as massas obtidas estão representadas na Tabela 1:

Tabela 1: Valores obtidos em gramas (g)

	Colher de Sopa (g)	Colher de sal (g)
Cloreto de sódio (sal)	14,7	2,4
Sacarose (açúcar)	13,4	2,2

Fonte: Elaborada pela autora

2. Para medir as quantidades de água utilizou-se um copo graduado, no caso, o de liquidificador. Na Figura 13, apresentamos o material utilizado para o desenvolvimento do experimento.



Figura 13 – Material para o experimento de Ebulioscopia
Fonte: Arquivo da autora

Para que o termômetro ficasse fixo no centro do recipiente foram utilizadas duas facas e um garfo (Figura 14), pois, estando imóvel, o processo se torna mais fácil para anotar as medidas de temperatura, não correndo o risco de acontecer algo que prejudicasse a coleta de dados.



Figura 14 – Medição de temperatura
Fonte: Arquivo da autora

3. Em seguida, assim que os experimentos tiveram início, foram realizadas seis coletas de dados sendo que todas continham a mesma quantidade (1 litro) de solvente, no caso a água, variando apenas as quantidades de soluto, açúcar e sal. Na primeira coleta, foi verificada a variação de temperatura durante o aquecimento da amostra contendo apenas o solvente puro; na segunda coleta foi adicionado ao solvente seis colheres de sopa de açúcar; na terceira, quarta, quinta e sexta coleta foram adicionadas respectivamente uma, cinco, dez e quinze colheres de sopa de sal ao solvente e foram anotadas as respectivas variações de temperatura conforme apresentamos nas Tabelas 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Tabela 2 - Solvente Puro

Tempo (minutos)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura (°C)	27	32	43	54	65	76	86	95	99	99	99

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 3 - Solvente + 6 colheres (sopa) de açúcar

Tempo (minutos)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura (°C)	23	27	37	48	58	69	78	88	95	100	100

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 4 - Solvente + 1 colher (sopa) de sal

Tempo (minutos)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura (°C)	23	27	38	49	59	69	78	89	96	100	100

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 5 - Solvente + 5 colheres (sopa) de sal

Tempo (minutos)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Temperatura (°C)	23	27	37	47	57	68	77	86	95	102	102

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 6 - Solvente + 10 colheres (sopa) de sal

Tempo (minutos)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Temperatura (°C)	22	28	36	46	56	66	75	84	93	101	105	105

Fonte: Elaborada pela autora

Tabela 7 - Solvente + 15 colheres (sopa) de sal

Tempo (minutos)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Temperatura (°C)	23	26	34	44	53	62	69	77	85	92	100	107	108	108

Fonte: Elaborada pela autora

Ressaltamos que entre o fim de uma coleta de dados e o início da outra, enquanto se preparava uma nova solução de concentração diferente, esperou-se que a temperatura no termômetro entrasse em equilíbrio, retornando à temperatura ambiente. Além disso, antes de acender a chama do fogão, também se esperou um tempo aproximado de dois à três minutos até que a temperatura no termômetro se estabilizasse.

Podemos verificar por meio dos dados contidos nas tabelas 2 à 7 que quanto maior a quantidade de soluto adicionado à água maior foi sua temperatura de ebulição, que no caso é a maior temperatura alcançada, para que se possa observar melhor estas variações, organizamos a tabela a seguir:

Tabela 8: Temperaturas de ebulição em função da quantidade de soluto em colheres de sopa

Colheres de sopa	0	6	1	5	10	15
Temperatura de ebulição (°C)	99	100	100	102	105	108

Fonte: Elaborada pela autora

Para obter um modelo matemático que melhor represente a situação representada nos dados da tabela 8, utilizamos o *software* geogebra, o qual nos forneceu o gráfico a seguir:

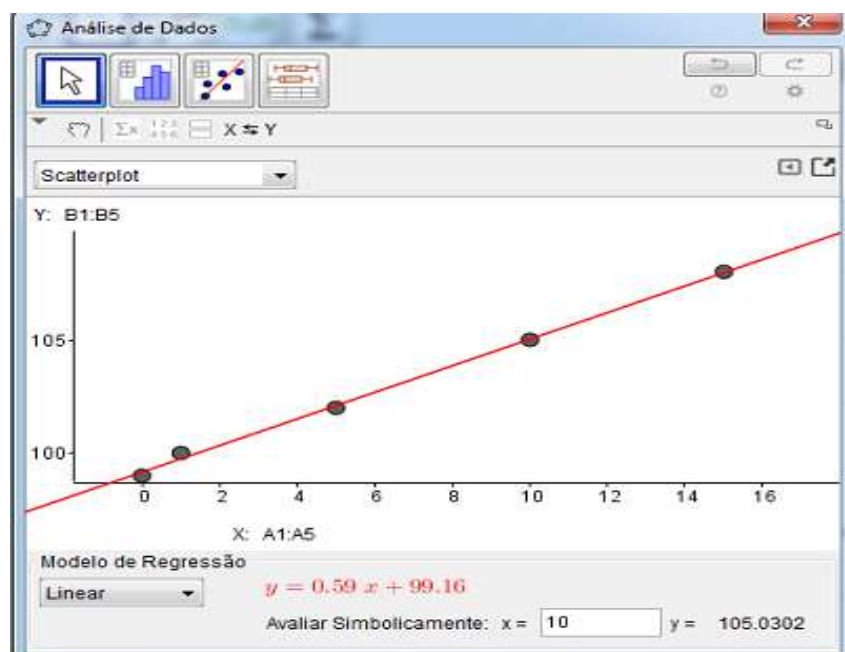


Gráfico 1 - Gráfico da tabela 8
Fonte: print da tela do geogebra

Após inserir os dados da tabela 8 no geogebra, tivemos que excluir o segundo ponto que corresponde às 6 colheres de sopa de açúcar, pois o ponto ficava muito fora da reta, causando uma distorção acentuada no modelo matemático fornecido pelo *software* que após esta exclusão de ponto nos forneceu o gráfico 1 e no qual podemos observar que o modelo que melhor se ajusta é o modelo de regressão linear, e a equação da reta fornecida também pelo geogebra é $y = 0,59x + 99,16$, de modo que substituindo qualquer valor de x , que representa a quantidade em colheres de soluto, chegaremos à valores muito próximos de y , o que nos permite validar o modelo matemático fornecido e também nos permite utilizar o modelo para encontrar, por exemplo, a quantidade de soluto necessária para que se atinja uma dada temperatura desejada, ou então, tendo uma amostra de uma solução de água e sal, cuja quantidade de sal fosse desconhecida, seria possível utilizar a equação fornecida pelo software para encontrar a quantidade desconhecida de sal.

Este experimento também nos permite verificar como a adição do soluto não volátil interfere na pressão de vapor do solvente, uma vez que pudemos observar nos experimentos realizados que quanto mais soluto adicionado, mais tempo o solvente demorou para entrar em ebulição, ou seja, o soluto diminui a pressão de vapor do solvente fazendo com que aquele precise de uma temperatura maior que a do solvente puro para atingir a temperatura de ebulição.

Já que não dispomos de equipamentos que possam medir a pressão de vapor das soluções em questão, seria possível calcular as pressões de vapor das soluções por meio da lei de Raolt com fator de correção de Van't Hoff, porém precisaríamos da pressão de vapor que o solvente puro teria em relação a cada uma das temperaturas de ebulição alcançadas, assim sendo, vamos utilizar os dados do livro da autora Martha Reis, volume 2, presente na página 121, segundo a tabela abaixo:

Tabela 9: Composição da solução de sacarose em quantidade de matéria (n) de sacarose/ kg de água em função da pressão de vapor

Mols (soluto)	0,01	0,05	0,1	0,2	0,5	0,8
Pressão de vapor /	759,7	759,3	758,6	757,3	753,2	749,2

mmHg

Fonte: Reis – Química, Volume 2 (2013, p. 121)

Conforme já foi explicado anteriormente, um líquido somente entra em ebulição quando a pressão interna das partículas que o constitui se iguala e supera a pressão externa a qual está submetido, ou seja, a pressão atmosférica. Ocorre que quando se adiciona um solvente não volátil à este líquido, a interação entre as moléculas do solvente e as do soluto dificulta que este evapore, diminuindo assim, sua pressão de vapor, de modo que será preciso fornecer mais energia à estas partículas para que elas voltem à evaporar fazendo com que o líquido atinja uma nova temperatura de ebulição, que será sempre maior que a temperatura do líquido puro. Observando as tabelas de 2 a 7, pode ser verificado que quanto maior a quantidade de soluto adicionado em cada solução preparada, mais tempo a solução demorou para entrar em ebulição e maior foi a sua temperatura de ebulição.

Inserimos os dados da tabela 9 no geogebra e o *software* nos forneceu o seguinte gráfico:

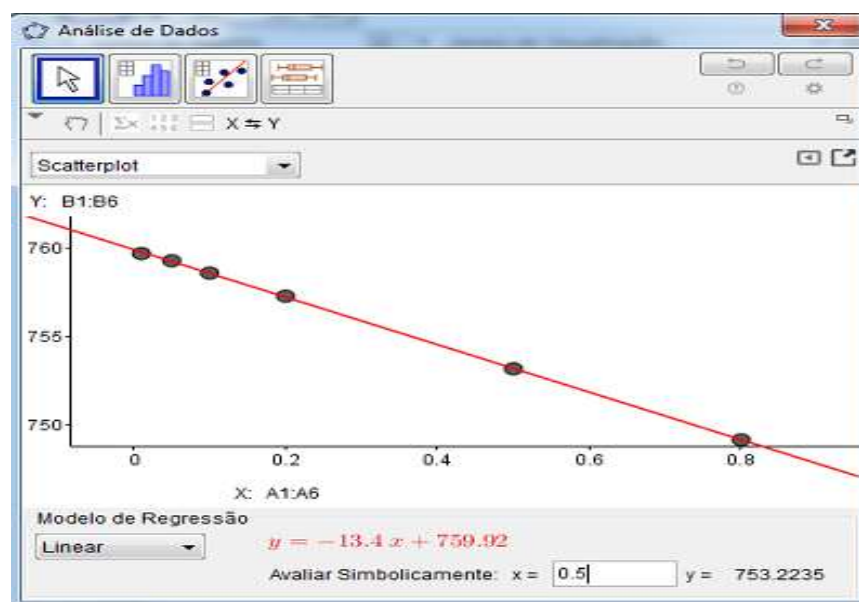


Gráfico 2 - Gráfico da tabela 9
Fonte: print da tela do geogebra

Já era de se esperar o gráfico que descreve os dados contidos na tabela 9 fornecer uma reta decrescente, já que as grandezas são inversamente proporcionais e o modelo fornecido pelo geogebra que melhor se adequa à estes dados é o

modelo de regressão linear $y = -13,4x + 759.92$, ou seja, assim como o primeiro modelo, este também representa uma equação de 1º grau e utilizando este modelo é possível determinar as pressões de vapor do solvente quando diferentes quantidades de soluto forem adicionados a ele.

3.2 ATIVIDADE PRÁTICA DE OSMOSCOPIA

Objetivo

Observar o efeito osmoscópico quando se adicionam os pedaços de chuchu em soluções contendo diferentes quantidades de soluto não volátil e desenvolver o modelo matemático da pressão osmótica em função da concentração das soluções.

Material

- colher medidora (de café);
- 6 copos plásticos transparentes;
- faca (deve ser manuseada com muito cuidado!);
- 6 pedaços idênticos de chuchu;
- sal de cozinha (cloreto de sódio);
- balança analítica;
- canetão marcador;
- cronômetro;

Procedimentos

No primeiro momento foi preciso descascar o chuchu e cortá-lo em seis pedaços de tamanhos parecidos:



Figura 11– Materiais para o experimento de Oscopia
Fonte: Elaborada pela autora

Logo após, foram preparadas quatro soluções contendo a mesma quantidade de água, 160 ml, na qual a primeira continha seis colheres pequenas (café) de açúcar, a segunda, a terceira e a quarta continham, respectivamente uma, cinco e dez colheres (sal) de sal. O primeiro copo continha apenas água para que se pudesse fazer as comparações necessárias e também foi deixado um pedaço de chuchu fora dos recipientes com água para servir de referência.



Figura 12 – Pedacos de chuchu antes de serem imersos nas soluções

Fonte: Elaborada pela autora

Os pedaços de chuchu foram colocados dentro dos copos plásticos, e é importante lembrar que o primeiro copo da esquerda para a direita continha apenas água, o segundo continha açúcar e o terceiro, o quarto e o quinto continham o sal em ordem crescente de quantidade. Foi preciso aguardar cerca de 40 minutos e então os pedaços de chuchu foram retirados dos copos.



Figura 13 - Pedacos de chuchu após 30 minutos imersos nas soluções

Fonte: Elaborada pela autora

Para trabalhar com o modelo matemático precisamos dos valores da pressão osmótica, porém como não dispomos dos equipamentos necessários que nos forneçam este valor e também como nenhum dos livros trouxe os valores prontos que pudessem ser utilizados, os cálculos terão que ser realizados manualmente.

No dia em que o experimento foi realizado, a temperatura ambiente estava em 23 graus celsius, transformando para Kelvins, basta somar 273,15 ao 23 e teremos uma temperatura de 296,15. No livro Ser protagonista, na página 9, podemos consultar a fórmula que pode ser utilizada para realizar estes cálculos, sendo a fórmula:

$$\pi = C . R . T . i, \quad (1)$$

onde π representa a pressão osmótica; C é a concentração da solução em mol/l; R a constante universal dos gases; que neste trabalho foi utilizado o $0,082 \text{ atm.L/mol.K}$; T é a temperatura em Kelvins e i é o fator de correção de Van't Hoff, que para o açúcar é igual a 1 e para o sal é igual a 2 (página 45 do livro Ser Protagonista).

Para realizar o procedimento, basta inserir os valores na fórmula, porém precisamos primeiro calcular as concentrações das soluções. A concentração de uma solução é calculada dividindo o número de mols⁵ pelo volume de solução, sendo assim realizamos primeiro os cálculos das quantidades de mols de soluto que foram utilizadas no experimento.

A fórmula molecular da sacarose (açúcar) é $C_{12}H_{22}O_{11}$, sendo assim podemos concluir que cada molécula de sacarose contém doze átomos de carbono, vinte e dois átomos de hidrogênio e onze átomos de oxigênio e utilizando dos dados da tabela periódica da página 9 do livro da Martha Reis, podemos verificar que as suas massas atômicas são 12, 1, e 16 g/mol respectivamente, dessa forma, para calcular a massa da molécula, tem de se multiplicar a quantidade de átomos por suas massas atômicas e depois somamos os valores, conforme a equação 2:

$$12 \times 12 + 22 \times 1 + 11 \times 16 = 342 \quad (2)$$

O que nos diz que a sacarose possui 342 gramas/mol.

De maneira similar realizamos os cálculos da massa molar do cloreto de sódio (sal de cozinha), sabendo que a fórmula deste composto é NaCl, consultamos a tabela periódica da página 9 do livro de autora Martha Reis, que nos forneceu uma massa atômica de aproximadamente 23 e 36 g/mol de sódio e de cloro, logo a massa do composto é de

$$1 \times 23 + 1 \times 36 \quad (3)$$

Efetuada os cálculos chegamos a um valor de 59 g/mol.

Sabendo quais as massas moleculares do açúcar e lembrando que utilizamos 6 colheres pequenas de açúcar e que cada colher pequena continha 2,2 gramas de açúcar dando um total de 13,2 gramas de açúcar, realiza-se uma regra de três

⁵ Unidade de medida utilizada na química para medir quantidade de substância

simples, podendo ser calculadas as quantidades em mols de soluto que foram utilizadas no experimento, conforme as equações a seguir:

$$\begin{array}{rcl} \textit{Gramas} & & \textit{Mols} \\ 342 & \times & 1 \\ 13,2 & & x \end{array} \quad (4)$$

Ao efetuar os cálculos obtivemos um valor aproximado de 0,039 mols de açúcar. E sabendo que utilizamos 1, 5 e 10 colheres pequenas de sal e que cada colher pequena de sal continha 2,4 gramas dando um total de 2,4, 12 e 24 gramas respectivamente, foram realizados cálculos semelhantes ao da equação 4 e dessa forma foi possível chegar aos respectivos valores em mols iguais á 0,04, 0,20 e 0,40 mols de sal.

Para calcular as concentrações, dividimos a quantidade em mols pelo volume, que é de 160 ml (0,16 litros), utilizando a fórmula a seguir:

$$C = \frac{\textit{mols}}{\textit{litros}} \quad (5)$$

Obtendo concentrações iguais a 0,24, 0,25, 1,25 e 2,56 mols/L, então, substituindo estas concentrações e os demais dados, já fornecido, na equação 1, conforme o exemplo a seguir:

$$\pi = 0,24 \textit{ mols} \cdot 0,082 \textit{ atm} \cdot \frac{\textit{L}}{\textit{mol}} \cdot 296,15 \cdot 1 \quad (6)$$

Chegamos aos valores das pressões osmóticas de cada solução que é aproximadamente igual a 5,8, 12,1, 60,7 e 124,3 atm.

A tabela 15 contém os valores das pressões osmóticas nas soluções em função da quantidade em mols do soluto.

Tabela 15 - Pressão osmótica em função da quantidade de soluto em mols

Mols	0,00	0,039	0,040	0,20	0,41
Pressão osmótica (π)	0,0	5,8	12,1	60,7	124,3

Fonte: Elaborada pela autora

Observando a tabela podemos verificar que quanto maior a quantidade de soluto maior será a pressão osmótica. Após inserir os dados da tabela 15 no geogebra, obtivemos o gráfico a seguir:

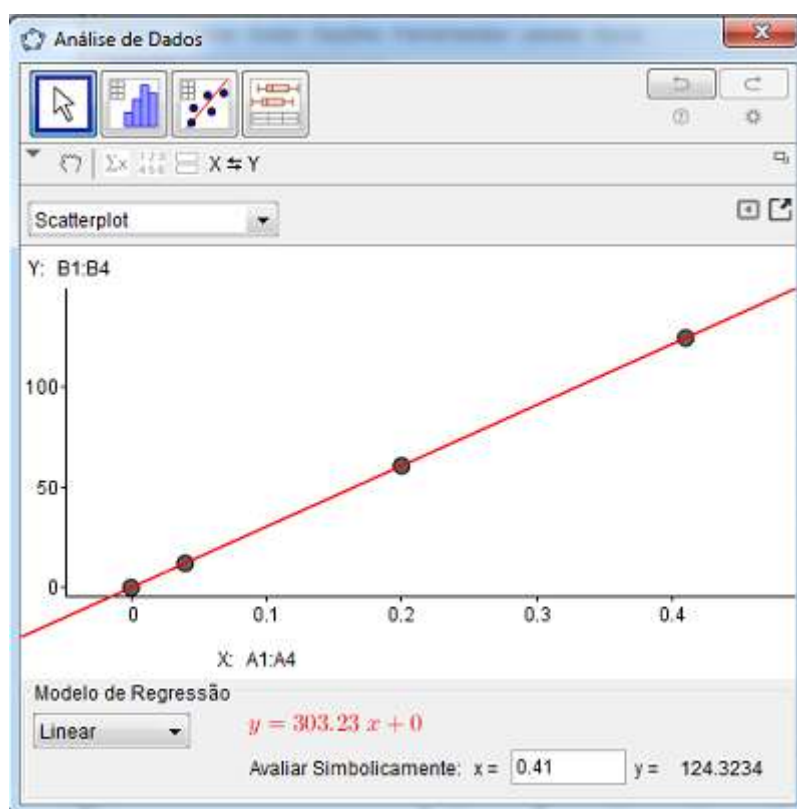


Gráfico 3 - Gráfico da tabela 15
Fonte: captura da tela do geogebra

O modelo fornecido pelo geogebra que melhor se adequa a estes dados é $y = 303,23x + 0$, uma equação que também é de primeiro grau, assim como nos outros casos, que substitui os valores da tabela 15 nesta equação e dessa forma o modelo pode ser validado.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Utilizar os capítulos sobre as Propriedades Coligativas presentes nos livros didáticos de Química que foram aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático de 2015, como inspiração para elaborar as atividades experimentais que pudessem ser trabalhadas sob a perspectiva da modelagem matemática foi um desafio, pois inúmeras foram as dificuldades encontradas no processo de construção das atividades, desde a escolha do experimento que melhor demonstrasse o efeito coligativo até a utilização do *software* para a elaboração dos modelos matemáticos que melhor se adequassem às situações-problema.

Embora os livros didáticos tenham oferecido um ótimo suporte para a organização das ideias e explicações detalhadas de como montar os experimentos, foi necessário pensar nas atividades, não somente sob a visão do professor de química que tem o intuito de investigar os fenômenos buscando uma explicação química para ele, mas também foi preciso pensar sob o ponto de vista de um professor de matemática que tem o papel de fazer com que seus alunos enxerguem uma solução na matemática para os fenômenos observados na vida real.

Nos experimentos propostos, o professor tem a oportunidade de trabalhar situações-problema reais, já que os dados obtidos são reais, pois serão coletados pelo professor em conjunto com os alunos, e isso possivelmente permite um maior interesse da parte do estudante, ainda mais se o professor, por exemplo, solicitar a um dos alunos que seja preparada uma solução com uma quantidade de soluto que apenas ele saberá, e a quantidade de soluto adicionada poderá ser escrita em um papel que ficará guardado até que possa ser utilizado para testar se os modelos matemáticos obtidos se adequam realmente a situação real, pois os cálculos teóricos irão do encontro com o valor anotado pelo estudante, demonstrando a eles que os modelos podem ser utilizados para representar as situações reais.

Apesar da preocupação inicial em utilizar o *software* geogebra no processo de construção do modelo matemático, o seu manuseio e a interpretação dos resultados foram práticos e de fácil entendimento, o que permite concluir que utilizá-lo em sala de aula é certamente um facilitador para a prática pedagógica.

A modelagem matemática pode ser uma ótima alternativa para o profissional que busca fugir dos modelos de aula tradicionais e realizar uma aula que possa

despertar o interesse e a atenção de seus alunos, uma vez que este tipo de abordagem exige que os estudantes sejam integrantes dos processos de construção do seu conhecimento, deixando de ser apenas meros expectadores, passando à ser protagonistas. E quando participarem dos processos de uma aula que envolva a modelagem matemática, que se envolvam desde o levantamento das hipóteses até o momento de validação dos modelos matemáticos obtidos, tornando-se participantes ativos nas aulas.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Lourdes Maria Werle de; DA SILVA, Karina Alessandra Pessoa. **Semiótica e as ações cognitivas dos alunos em atividades de Modelagem Matemática**: um olhar sobre os modos de inferência. *Ciência & Educação*, v. 18, n. 3, p. 623-642, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v18n3/09.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2017

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais**: ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias/Ministério da educação. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de educação Média e Tecnológica, 1999.

BRUNI, Aline Thaís et al. ANTUNES, Murilo Tissoni (Org.). **Ser protagonista**: química, 2º ano. 2º ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

DIB, Siland Meiry França et al. SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. MÓL, Gerson de Souza(coord.) **Química cidadã**: Volume 2. São Paulo: Editora AJS, 2013.

FERREIRA, Poliana Flávia Maia; JUSTI, Rosária da Silva. Modelagem e o “fazer ciência”. **Química nova na escola**, v. 28, p. 32-36, 2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf>>. Acesso em: 09 abr. 2017

FONSECA, Martha Reis Marques da. **Química**. v. 2. 1 ed. São Paulo: Ática, 2013.

HEINEN, Camila Aparecida, et al. Atividades experimentais e modelagem matemática: uma prática realizada com alunos do ensino médio politécnico. **Revista Caderno Pedagógico**. v. 13. n.1. p. 139 - 155. 2016. Disponível em: <<http://www.univates.br/revistas/index.php/cadped/article/view/992/980>>. Acesso em: 11 Fev. 2017.

HEIN, Nelson; BIEMBENGUT, M. S. Análise envoltória de dados: simulação de um modelo de eficiência universitária. **Gestão e competitividade: estudos de casos**. Palmas: Kayganguê, 2003. Disponível em: < >. Acesso em :

MAGNAGO, Karine Faverzani; MARTINS, Márcio Marques; FAJARDO, Ricardo. **REAÇÕES QUÍMICAS: USANDO A MODELAGEM MATEMÁTICA PARA EXPLORAR SISTEMAS DE EQUAÇÕES LINEARES HOMOGÊNEOS**. Disponível em: <http://www.unicentro.br/editora/anais/iiiiepmem/relatos/RE_544-557.pdf>. Acesso em 04 Jun. 2017.

MELO, Sônia Maria Pereira; RIPARDO, Orientador Ronaldo. **MULTIDISCIPLINARIDADE: COMO TRABALHAR QUÍMICA E MATEMÁTICA ATRAVÉS DA MODELAGEM MATEMÁTICA**. <Disponível em:

https://jem.unifesspa.edu.br/images/Anais/v1_2015/CC_20150964002_Multidisciplinaridade_como_trabalhar_a_quimica.pdf>. Acesso em 04 Jun. 2017.

SILVA, Karina Alessandra Pessoa da. **Modelagem matemática e livro didático: Uma proposta para contemplar o estudo de função exponencial.** Disponível em: <http://www.uel.br/pos/mecem/pdf/Dissertacoes/karina_silva_texto.pdf>. Acesso em: 09 abr. 2017.

SILVA, Jaqueline Munise Guimarães da; SILVA, Karina Alessandra Pessoa da. **O Papel das atividades de modelagem matemática no entendimento de conteúdos químicos.** p. 1-11 Disponível em: <<http://www.sinect.com.br/2016/down.php?id=3403&q=1>>. Acesso em: 09 abr. 2017.

SILVA, Jaqueline Munise Guimarães da; SILVA, Karina Alessandra Pessoa da. **O uso da modelagem matemática na formação inicial do professor de química.** p. 1-9. abr/maio. 2015. ISSN 2176-0489.