

ABORDAGEM DAS PROPRIEDADES COLIGATIVAS DAS SOLUÇÕES COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO POR MEIO DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Laís Araújo de Almeida
Ivoneide de Carvalho Lopes Barros
Ângela Fernandes Campos



APRESENTAÇÃO



Caro docente, frente as necessidades formativas esperadas que a escola promova, faz-se necessário pensar em estratégias de ensino que atendam expectativas, que vão além da promoção da aprendizagem de conceitos, mas que possibilitem a aprendizagem de atitudes e procedimentos. Estas estratégias têm a finalidade de desenvolver habilidades dos estudantes na escola para quando em sociedade estejam preparados para resolver situações e problemas. Nessa perspectiva, essa cartilha tem como objetivo, auxiliá-lo em seu planejamento trazendo uma proposta de ensino, caracterizada como uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), com ênfase no abordagem das propriedades coligativas das soluções para estudantes do segundo ano do ensino médio, pois foi constatado que a mesma tem potencialidades para alcance das aprendizagens anteriormente mencionadas.

Essa cartilha é um produto educacional desenvolvido no Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional - Profqui, da UFRPE, a partir da elaboração e intervenção, bem como de sua análise e validação mediante os resultados alcançados. Ao longo deste material são apresentados fundamentos teórico-metodológicos do ensino por investigação, a descrição da aplicação e as possíveis contribuições que podem surgir pela utilização da SEI.

Esse material é de fácil reprodutibilidade; esperamos que seja um subsídio valioso para planejamento de professores de ciências e química, de forma que contribua para suas práticas pedagógicas, possibilitando oferecer um ensino no estudante como protagonista, exercendo papel intelectual ativo e sendo construtor de seu conhecimento, a fim de que venha a desenvolver habilidades investigativas como autonomia, criticidade, reflexão, pensamento coletivo e cooperação.

Desejamos a você um bom uso desta cartilha, assim como uma apropriação satisfatória das características do ensino por investigação para que possam trabalhar com outros objetos de conhecimento por meio dessa abordagem.

As autoras



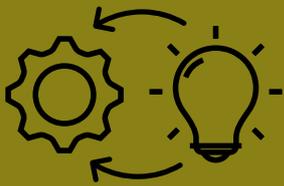


SUMÁRIO

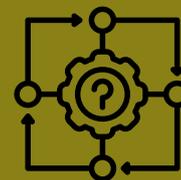


INTRODUÇÃO	04
ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.....	05
INTERVENÇÃO DIDÁTICA - SEI.....	06
1º MOMENTO: Levantamento dos conhecimentos prévios	07
2º MOMENTO: Apresentação do problema	10
3º MOMENTO: Planejamento	12
4º MOMENTO: Execução	13
5º MOMENTO: Sistematização do conhecimento	14
Rubrica elaborada para análise atitudinal, procedimental e conceitual	15
CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
REFERÊNCIAS	17
APÊNDICE 1: Texto sobre as propriedades coligativas das soluções	18
APÊNDICE 2: Slides da aula expositiva dialogada	19
APÊNDICE 3: Texto complementar	21





INTRODUÇÃO



Num esforço para obter efetividade no processo de ensino aprendizagem e alcançar as necessidades formativas atuais, muitos estudos têm se concentrado em desenvolver, aplicar, viabilizar e apresentar alternativas metodológicas que retirem o estudante da passividade e o coloque no centro desse processo, como protagonista, mostrando que o conteúdo faz parte de sua realidade, inserindo-o no contexto da discussão. Isso implica na conquista da aprendizagem de conceitos por meio de abordagem que objetive trabalhar com o estudante de forma ativa, ouvindo-o e favorecendo também a aprendizagem atitudinal e procedimental.

Nesse contexto, destaca-se o ensino por investigação, que consiste em uma abordagem de ensino baseada na investigação (SASSERON, 2015; SOLINO, 2017; MONTANINI, MIRANDA, CARVALHO 2018). Esta abordagem permite que o estudante aja de forma autônoma e cooperativa, no intuito de investigar algo a ser resolvido, um problema, com ou sem orientações de um mediador, a depender da sua maturidade com esse tipo de abordagem. Isto promove a inserção do estudante de forma ativa nas atividades, quer disponham de recursos associados, ou não, ao ensino tradicional (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; SASSERON, 2018). O ensino por investigação deve promover engajamento nas discussões entre os estudantes. Para tanto é necessário que o problema seja motivador e próximo da realidade do estudante, e que seja contextualizado.

Os próximos capítulos sequencialmente correspondem a um aprofundamento sobre o ensino por investigação, a intervenção didática com a descrição de cada momento, as considerações finais, referências e anexos contendo materiais usados na SEI.





ENSINO POR INVESTIGAÇÃO



O Ensino por Investigação objetiva promover o raciocínio e as habilidades cognitivas dos estudantes, favorecendo também a cooperação, sendo esses alguns objetivos da educação científica (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011).

O ensino por investigação é adotado para que a turma se engaje com as discussões. Ao mesmo tempo em que discutem fenômenos naturais, para resolver um problema, também exercitem raciocínios e práticas de análise, comparação e avaliação, aspectos que são muito utilizados na prática científica. Esse tipo de ensino não é uma estratégia específica, ele está associado com a forma que se trabalha e assim se configura como uma abordagem didática (SASSERON, 2015; SOLINO, 2017; MONTANINI, MIRANDA, CARVALHO 2018).

O professor nesse tipo de ensino deve praticar habilidades que ajudem os estudantes a resolverem problemas, que precisam interagir com seus colegas, com os materiais disponíveis e com os conhecimentos já sistematizados e existentes. O papel do professor é de mediador, ele pode ser ou não o proponente dos problemas a depender do grau de maturidade da turma, orientador de análise, estimulador de discussões e promotor de condições para que os estudantes sejam ativos e colaborativos. É imprescindível o engajamento dos estudantes, para que uma atividade gere aprendizado sobre conceitos e ciências. Esse processo que permite e solicita debate de ideias contribui para o desenvolvimento de práticas argumentativas em sala de aula (SASSERON, 2015; SCARPA, SASSERON, SILVA 2017).

Logo, o ensino por investigação cria para os estudantes condições para pensarem de acordo com a estrutura do conhecimento; falarem, podendo expor seus argumentos e conhecimentos que foram construídos; lerem, entendendo criticamente o que está sendo exposto; e escreverem, como autores e com clareza nas ideias expostas (CARVALHO, 2018).

No ensino por investigação, assim que o problema é proposto, a busca por soluções é iniciada, e são elaboradas hipóteses. Em seguida limita-se as variáveis relevantes, estabelece-se relações entre as variáveis e por fim se constroem explicações para o problema (SCARPA, SASSERON E SILVA 2017). E a Sequência de Ensino Investigativa (SEI), segundo Sasseron (2015), consiste em permitir que em toda aula, experimental ou não, seja de cunho investigativo, contanto que haja um problema a ser resolvido. Portanto a SEI "é o encadeamento de atividades e aulas em que um tema é colocado em investigação e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e relações com outras esferas sociais e de conhecimento possam ser trabalhados" (SASSERON, 2015, p. 59). As páginas seguintes consistem nos momentos desenvolvidos da SEI.



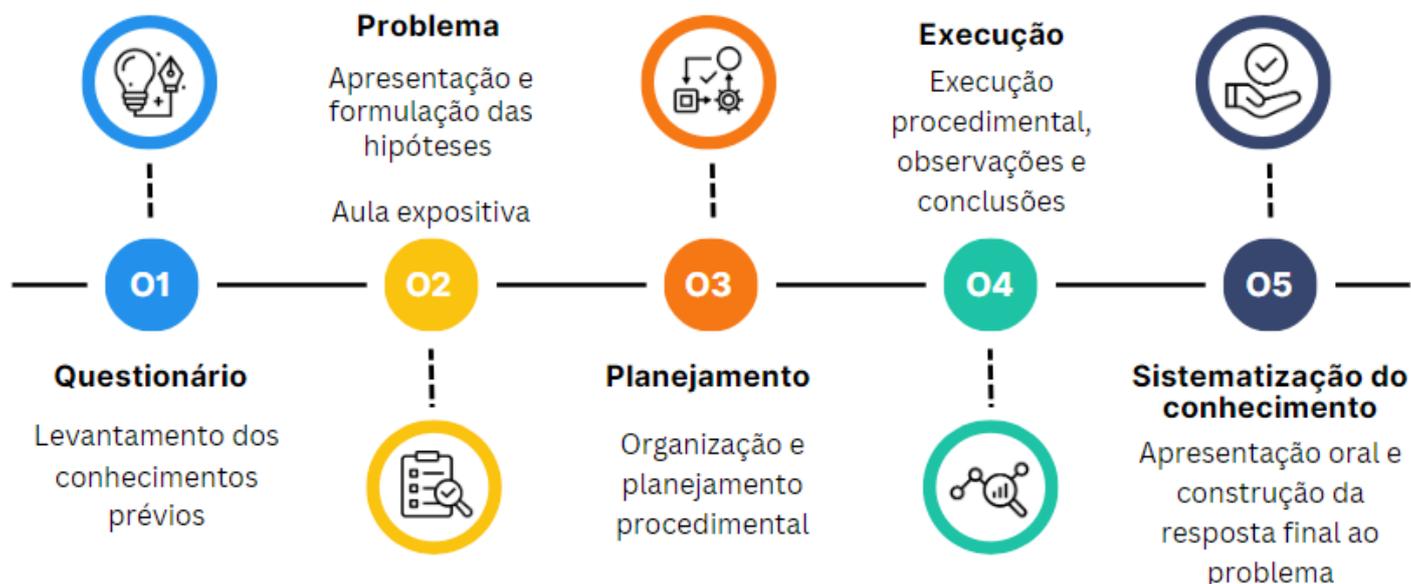


INTERVENÇÃO DIDÁTICA – SEI



A intervenção elaborada foi baseada em Zômpero e Laburú (2011) e os passos da pesquisa dirigida de Gil-Pérez (1988), com grau três de liberdade (CARVALHO, 2018), no qual o professor fornece o problema e atua como mediador nas demais etapas quando necessário.

A SEI consiste em cinco momentos: levantamento dos conhecimentos prévios, apresentação do problema, planejamento, execução e sistematização do conhecimento. Para isso são necessárias cinco aulas de 50 minutos. O esquema abaixo traz uma síntese das atividades a serem realizadas.



Nas próximas páginas os momentos serão descritos detalhadamente.



1º MOMENTO: LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS

TEMPO: 1 aula de 50 minutos

OBJETIVO: Analisar os conhecimentos prévios dos estudantes

METODOLOGIA: Aplicação de um questionário para levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes individualmente a fim de verificar o que os estudantes sabem sobre as propriedades coligativas das soluções

QUESTIONÁRIO PARA LEVANTAMENTO DOS CONHECIMENTOS PRÉVIOS

1. Você sabe o que são forças intermoleculares? E como elas influenciam no ponto de fusão e ebulição?
2. Por que nos estados do sul do Brasil, que atingem temperaturas negativas em certas épocas do ano, o diesel por exemplo que solidifica a zero graus celsius, não solidifica?
3. Você já observou que a salada murcha rapidamente? Por que isso acontece?
4. Por que recomendam que coloquem logo o sal na água para o cozimento de alimentos, como batata, macarrão e arroz?
5. Você já fez o teste de congelar água mineral com sal e sem sal? Quem congela mais rápido?
6. Você sabe o que são as propriedades coligativas das soluções? Cite um exemplo de situação que é consequência das propriedades coligativas.

Para análise dessa intervenção foram elaboradas rubricas que avaliam o estudante tanto pela aquisição do conteúdo quanto pelo engajamento e motivação (LOBATO ET AL, 2008). Isto posto, para esse momento as respostas foram classificadas como satisfatórias, parcialmente satisfatórias e insatisfatórias.

Questões propostas	Classificação das respostas			Propriedade coligativa
	SATISFATÓRIA	PARCIALMENTE SATISFATÓRIA	INSATISFATÓRIA	
Você sabe o que são forças intermoleculares e como elas influenciam no ponto de ebulição?	Se os estudantes responderem sim e que são as interações, de atração ou repulsão, entre as moléculas de uma mesma substância ou de várias substâncias distintas, que são responsáveis por manter unidas as moléculas, e que a depender da força intermolecular influenciará no ponto ebulição, se a força for forte, terá alto ponto de ebulição, se for fraca, terá ponto de ebulição baixo (ATKINS, pg. 335, 2012).	Se responderem sim apenas e que é o que mantém as moléculas unidas ou que influenciam no ponto de fusão e ebulição a depender de sua intensidade.	Se responderem não ou sim e apresentarem uma justificativa.	-
Por que nos estados do sul do Brasil, que atingem temperaturas negativas em certas épocas do ano, o diesel por exemplo que solidifica a 0°C, não solidifica?	Se relacionarem a sua resposta que deve ter sido adicionado alguma substância química que alterou as interações intermoleculares no diesel que como consequência diminui a sua temperatura de solidificação.	Se afirmarem que foi adicionado algo sem relacionar com as interações intermoleculares.	Se não relacionarem a adição de alguma substância.	Crioscopia
Você já observou que a salada murcha rapidamente? Por que isso acontece?	Se sim e citarem a adição do tempero, como sal e o ácido acético do vinagre, substâncias químicas de concentração diferente das células dos componentes da salada, que por meio das membranas celulares liberam' água na intenção de igualar suas concentrações, do meio hipo para o hiper concentrado, o que é evidenciado pela aparência murcha da salada.	Se sim e citarem apenas os temperos sem explicar o que acontece.	Se apresentarem sim ou não sem justificativa ou com uma resposta incoerente com a pergunta.	Osmose

<p>Por que recomendam que coloquem logo o sal na água para o cozimento de alimentos, como batata, macarrão e arroz?</p>	<p>Se associarem que a adição do sal interage com o solvente reduzindo sua pressão de vapor, como consequência tem o aumento do ponto de ebulição, como a solução atinge uma temperatura mais alta, o tempo de cozimento é reduzido.</p>	<p>Se citarem apenas que o sal ajuda a cozinhar mais rápido sem mencionar a explicação completa.</p>	<p>Se apresentarem uma resposta incoerente com a pergunta como o sal dá gosto.</p>	<p>Ebulioscopia</p>
<p>Você já fez o teste de congelar água mineral com sal e sem sal? Você acha que quem congela mais rápido?</p>	<p>Se sim e associarem que a adição do sal, soluto não volátil, diminui a pressão de vapor, conseqüentemente diminui a temperatura de congelamento, então a solução solidifica em uma temperatura menor que a da água.</p>	<p>Se sim ou não e citarem apenas que a água com sal deve demorar mais para congelar ou que a sem sal congela mais rápido.</p>	<p>Se sim ou não, e apresentarem que acham que a água com sal congela mais rápido.</p>	<p>Crioscopia</p>
<p>Você sabe o que são as propriedades coligativas das soluções? Cite um exemplo de situação que é consequência das propriedades coligativas.</p>	<p>Sim ou não, e que cite alguma situação exemplificando e associarem ao nome científico das propriedades.</p>	<p>Se apenas responderem sim e citarem algum exemplo sem associar com o nome científico da propriedade.</p>	<p>Se responderem não.</p>	<p>Todas as propriedades coligativas</p>



2º MOMENTO: APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA



TEMPO: 1 aula de 50 minutos (20 min para apresentação do problema e elaboração de hipóteses e os 30 min finais para aula expositiva dialogada sobre as propriedades coligativas das soluções).

OBJETIVO: Apresentar o problema para elaboração das hipóteses

METODOLOGIA: Inicialmente organizar os estudantes em grupos, e a cada um entregar um diário de bordo ou bloquinho de anotações. Em seguida entregar o problema impresso e fazer a leitura junto aos estudantes, com o máximo de esclarecimento possível. Após a leitura, convidá-los a discutirem sobre as questões problema, e solicitar que elaborem suas hipóteses que podem ser a solução para o problema. Quando todos entregarem suas hipóteses, entregar um texto (Anexo 2) sobre as propriedades coligativas para leitura, e em seguida ministrar um aula expositiva dialogada sobre as propriedades coligativas das soluções com uso de slides (Anexo 3). Após esse momento informar que será enviado um texto complementar (Anexo 4) e vídeo de Maria Teresa Mendes Ribeiro Borges, disponível em <http://livresaber.sead.ufscar.br:8080/jspui/handle/123456789/1016> aos estudantes a fim de que estudem sobre o conteúdo em casa, para na semana seguinte dar continuidade a execução das atividades.



PROBLEMA

O uso do sal tem trazido benefícios à humanidade ao longo dos anos. Desde os primórdios, devido à época de caça reduzida, foi desenvolvida uma técnica de conservação de alimentos: a desidratação das carnes com o uso do sal. O sal também tem sido empregado para derreter a neve em locais frios, para favorecer a mobilidade das pessoas em regiões como no sul do Brasil. Outro fenômeno intrigante ocorre quando se acrescenta sal em água fervente, isto faz com que a água pare de ferver instantaneamente, só voltando à fervura após um maior aquecimento. Todos os fatos acima revelam uma predisposição do homem em busca da sobrevivência, de cumprir os compromissos do dia a dia e de economizar recursos. Portanto conhecer e compreender conceitos e técnicas ajudam a cumprir prazos, e de brinde, ajudam a economizar recursos como tempo e dinheiro. Supondo que você convidou seus amigos para um almoço de última hora e se vê obrigado a passar no mercado, no caminho para casa, e comprar tudo que é preciso para o almoço, mas sabe que tem pouco tempo para organizar e preparar tudo. Ao chegar em casa, nota que a sua residência e de todas da vizinhança estão sem energia elétrica. Arelado a isso percebe que seu gás está acabando e, que para a salada que planejou fazer seria preciso cenoura e beterraba, e que embora você as tenha em casa, ambas se apresentam murchas, e você tem pouco tempo para substituí-las. Além disso, o fato de estar sem energia elétrica, provocou também a queda da rede de telefonia móvel, impossibilitando que você possa entrar em contato com seus amigos para cancelar o almoço. Considerando essa conjuntura, faz-se necessário pensar em alternativas, pois seus amigos estão a caminho. Nesta situação, o gás tem que ser suficiente para o preparo das comidas; além de ser necessário resfriar os refrigerantes, suco e água na ausência da geladeira funcionando, e as cenouras e beterrabas precisam estar como frescas na salada. Escreva como você procederia para resolver tais problemas: (i) Como preparar a comida rapidamente e o gás ser suficiente? (ii) Como resfriar os líquidos sem geladeira? (iii) Como deixar as cenouras e beterrabas como frescas? (iv) Como o conhecimento químico pode auxiliar nestas questões?



3º MOMENTO: PLANEJAMENTO



TEMPO: 1 aula de 50 minutos

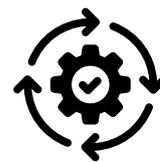
OBJETIVO: Planejar procedimentos experimentais a fim dos estudantes fundamentarem suas hipóteses iniciais.

METODOLOGIA: Os estudantes organizados em grupo devem ser orientados a planejar procedimentos experimentais a fim de fundamentarem suas hipóteses iniciais. O planejamento deve ser realizado com base em um conjunto de materiais trazidos pelo professor. A sugestão é que os materiais estejam de acordo com o problema. Os materiais aqui sugeridos são: cenoura e beterraba murchas, gelo, sal de cozinha, termômetro, refrigerantes, vidrarias ou recipientes alternativos e fonte aquecedora*.

*A escola em que foi aplicada essa intervenção não possui fonte aquecedora, portanto foi pedido que os estudantes apenas planejassem e executassem em casa.



4º MOMENTO: EXECUÇÃO

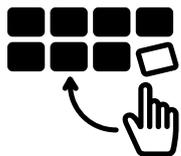


TEMPO: 1 aula de 50 minutos

OBJETIVO: Executar os procedimentos ideados e realizar as observações e conclusões a respeito de suas hipóteses iniciais.

METODOLOGIA: No laboratório da escola, em grupos, realizarão os procedimentos idealizados. A função do professor, como mediador/orientador, será de visitar os grupos para que expliquem o que estão fazendo e os provocar com alguns questionamentos a fim de que eles realizem as observações e analisem as variáveis adequadamente, como por exemplo: “Estão comparando a que?” “Tem como comparar de outra forma?” “Tem certeza que dessa forma terão resultados coerentes?”

Nos cinco minutos finais da aula, o professor deve solicitar que os grupos façam uma apresentação para a próxima aula contendo os procedimentos idealizados, como executaram e quais foram as conclusões que chegaram a partir das observações realizadas para solução das questões do problema.



5º MOMENTO: SISTEMATIZAÇÃO DO CONHECIMENTO



TEMPO: 1 aula de 50 minutos

OBJETIVO: Sistematizar o conhecimento a partir das apresentações e discussões em sala e elaborar as respostas finais ao problema.

METODOLOGIA: Na sala de aula, em grupos, apresentarão os procedimentos idealizados, como executaram e a que conclusões chegaram. Durante a apresentação o professor deve realizar questionamentos pertinentes de acordo com a apresentação, como por exemplo: "A que conclusão chegaram? Em qual deles o resultado foi melhor?...". Além de sempre direcionar também as perguntas aos colegas que estão assistindo, possibilitando interação entre o grupo, professor e turma. Após as apresentações, a depender de quantos grupo tiveram na sala, nos 10~20 min finais reapresentar o problema e pedir que os grupos respondam cada uma das questões do problema de forma escrita no diário de bordo.

RUBRICA ELABORADA PARA ANÁLISE ATITUDINAL, PROCEDIMENTAL E ATITUDINAL

APRENDIZAGEM	CRITÉRIOS DE ANÁLISE		
	SATISFATÓRIA	PARCIALMENTE SATISFATÓRIA	INSATISFATÓRIA
ATITUDINAL	Seguiram as normas pré-estabelecidas, como se colocar no lugar do outro, evitar olhar o do colega.	Seguiram algumas normas pré-estabelecidas.	Não seguiram normas pré-estabelecidas.
	Mostraram engajamento se posicionando.	Mostraram engajamento.	Não mostraram engajamento.
	Se posicionaram e respeitaram a opinião do outro.	Se posicionaram e não respeitaram a opinião do outro.	Não se posicionaram e nem respeitaram a opinião do outro.
	Foram receptivos às mudanças.	Se mostraram parcialmente receptivos as mudanças.	Não aceitaram mudanças.
	Conseguiram se manter motivados durante toda a atividade para se sentirem satisfeitos;	Se mantiveram motivados em parte da atividade.	Não conseguiram se manter motivados.
PROCEDIMENTAL	Se utilizaram dos conhecimentos prévios como habilidades, estratégias, técnicas... para realizar ou executar o procedimento que propuseram.	Se utilizaram dos conhecimentos prévios como técnicas para realizar ou executar o procedimento que propuseram.	Não se utilizaram de conhecimentos prévios para realizar ou executar o procedimento que propuseram
	Conseguiram evoluir conceitualmente. Houve formulação de perguntas, comparação de experimentos, elaboração de diagrama, foi realizada anotações, imitou ou repetiu procedimento, possibilitando assim a regulação do seu próprio progresso de aprendizagem;	Conseguiram evoluir conceitualmente, mas sem comparações.	Não conseguiram conectar os conhecimentos prévios com os novos.
	Encontraram sentido, de ser protagonista, de pensar sozinho e se adaptar a situações e contextos;	Conseguiram ser protagonistas, mas com dificuldade para se adaptar a situações e contextos.	Não conseguiram ser protagonistas.
	Trabalharam em colaboração pois entenderam que a construção do conhecimento se dá pela presença do outro.	Conseguiram trabalhar em colaboração com alguns participantes.	Não conseguiram trabalhar em colaboração.
	Acreditaram que o conhecimento tocante ao procedimento se constrói pelo esforço pessoal.	Alguns participantes não mostraram esforço pessoal na ação colaborativa.	Não mostraram esforço pessoal na execução da proposta.



CONSIDERAÇÕES FINAIS



A validação desse produto se deu a partir da análise dos dados obtidos da aplicação em uma turma de segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública localizada no interior de Pernambuco.

As atividades desta SEI possibilitaram o engajamento e desenvolvimento de habilidades como postura intelectual, criticidade, reflexão, autonomia, cooperação e articulação entre os conhecimentos prévios com o científico.

O protagonismo, favorecido pela SEI, é o fator principal de distanciamento do ensino tradicional, visto que esse sozinho não tem conseguido alcançar as necessidades formativas que espera-se da escola, portanto é preciso repensar as formas de ensinar. Neste sentido como a abordagem investigativa pressupõe um problema a ser resolvido, a necessidade de solucioná-lo promove engajamento e motivação, e por ser contextualizado, aproxima da realidade do estudante. O que favorece a conexão do conteúdo científico com as situações do dia a dia. Favorecendo as necessidades formativas.

Contudo esse material de fácil entendimento e reprodutibilidade, apresenta alta potencialidade como suporte para planejamento de aulas que objetivem trabalhar na integralidade, favorecendo a aprendizagem do conhecimento científico, atitudes e procedimentos.



REFERÊNCIAS ”

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. v.3., 765-794, 2018.

GIL-PÉREZ, Daniel; TORREGROSA, Joaquín Martínez; SENENT PÉREZ, F. El fracaso en la resolución de problemas de Física: una investigación orientada por nuevos supuestos. **Enseñanza de las Ciencias**. v. 6, n. 2, p. 131-146. 1988.

LOBATO, Antonio S. et al. Aplicando rubrica para avaliar qualitativamente o estudante no labsql. In: **Conferencia Latino Americana de Informática-CLEI**. 2008. p. 1-10.

MONTANINI, S.M.P.; MIRANDA, S.C.; CARVALHO, P.S. O ensino de ciências por investigação: abordagem em publicações recentes. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais (UEG)** v.7, n.2, p.288-304, 2018.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, v. 17, 49-67, 2015.

SASSERON, Lúcia Helena. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a base nacional comum curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1061-1085, 2018.

SCARPA, Daniela Lopes; SASSERON, Lúcia Helena; SILVA, Maíra Batistoni. O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. **Tópicos Educacionais**, v. 23, n.1, p.7-27, Recife, 2017.

SOLINO, A. P. Potenciais problemas significadores em aulas investigativas: contribuições da perspectiva histórico-cultural. 2017. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paul, 2017.

ZÔMPERO, Andréia de Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Rev. Ensaio**, v.13, n.03, p. 67-80, 2011.

APÊNDICE 1

TEXTO SOBRE AS PROPRIEDADES COLIGATIVAS DAS SOLUÇÕES

As propriedades coligativas das soluções são propriedades físicas que dependem única e exclusivamente do número de partículas (moléculas ou íons) de soluto dissolvidas numa dada massa de solvente e não da natureza das partículas. São exemplos de propriedades coligativas o abaixamento da pressão de vapor, o aumento da temperatura de ebulição (ebulioscopia) e a diminuição da temperatura de fusão (crioscopia).

As propriedades coligativas foram estudadas pela primeira vez por François-Marie Raoult, químico francês nascido em 1830, em Fournes. O seu primeiro artigo sobre crioscopia de uma solução relativamente ao solvente puro foi publicado em 1878.

As relações estabelecidas por Raoult para o abaixamento da pressão de vapor e para a crioscopia de uma solução conduziram ao desenvolvimento de métodos de determinação da massa molar de um soluto num dado solvente. Estes métodos permitiram a Jacobus van't Hoff, Wilhelm Ostwald e outros químicos comprovar o fenómeno da dissociação (em íons) dos eletrólitos em solução. Ernst Beckmann introduziu melhorias significativas no método crioscópico de determinação de massas molares, o que fez com que se tornasse num método padrão de determinação de massas molares de substâncias orgânicas. No entanto, pelo final do século XX, os métodos baseados nas propriedades coligativas foram sendo substituídos pela determinação direta de massas moleculares através da espectrometria de massa.

Como as propriedades coligativas dependem apenas do número de partículas de soluto dissolvidas por unidade de massa de solvente, tem de se ter em consideração o fato de cada molécula de um soluto iônico dar origem a dois ou mais íons em solução. Por exemplo, ao dissolver-se uma mol de cloreto de potássio (KCl) em água, dado que se trata de um eletrólito forte, há uma separação total entre os íons, dando origem a um mol de cátion potássio (K^+) e a uma mol de ânion cloreto (Cl^-). Como tal, é necessário introduzir um fator que tenha em consideração a formação de um maior número de partículas em solução.

A importância das propriedades coligativas torna-se evidente em muitos momentos do cotidiano. Um dos exemplos mais elucidativos é quando se espalha cloreto de sódio ("sal") nas estradas com gelo. A crioscopia resultante é suficiente para, na maior parte dos casos, diminuir bastante o ponto de fusão da água para valores abaixo de zero, o que origina a fusão do gelo e, conseqüentemente, torna a estrada transitável e consideravelmente mais segura.

Lima, L.S. (2014) Propriedades coligativas, Rev. Ciência Elem., V2(01):023. doi.org/10.24927/rce2014.023

APÊNDICE 2

SLIDES DA AULA EXPOSITIVA DIALOGADA

Propriedades coligativas

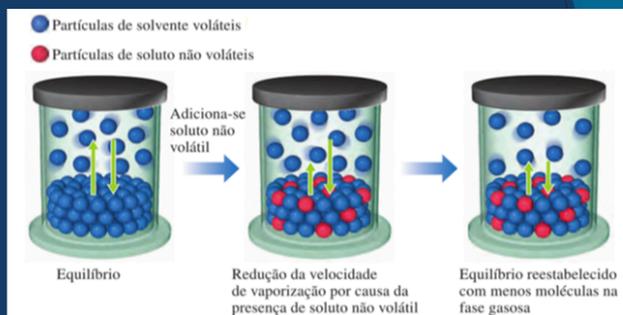
Dependem do **número de partículas** de soluto não volátil presentes no solvente e **não do tipo das partículas**.

Um pouco de **soluto não volátil** em água **diminui a pressão de vapor** sobre a solução.

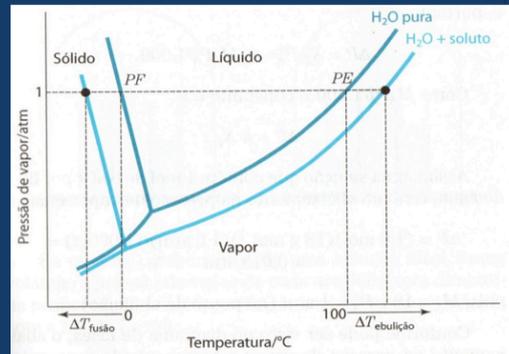
- A **temperatura de ebulição subirá** - elevação do ponto de ebulição
- A **temperatura de congelamento descera** - diminuição do ponto de congelamento

“A pressão de vapor representa a pressão exercida pelo vapor quando ele está em equilíbrio com o líquido (isto é, quando a velocidade de vaporização se iguala a velocidade de condensação)” (BROWN, p. 603)

- Substâncias que tem pressão de vapor mensurável são ditas voláteis, as que não, não voláteis.
- As soluções originadas por um solvente líquido volátil e um soluto sólido não volátil são formadas espontaneamente em razão do aumento da entropia do sistema, ocasionado pela mistura. Essa adição de soluto estabiliza as moléculas do solvente no seu estado líquido gerando uma tendência menor de escape para o estado vapor. Dessa forma a presença do soluto não volátil, faz com que a pressão de vapor do solvente seja inferior à sua pressão quando puro.



Fonte: BROWN, p. 576.



Fonte: TOMA, v.2, p.35

O cientista francês François-Marie Raoult, mediu pressões de vapor na maior parte de sua vida. Ele enunciou que a pressão de vapor do solvente depende do número relativo de moléculas do solvente (n_A), que é expressa sob a forma de fração molar $X_A = n_A / (n_A + n_B)$, ou seja que depende de suas fração molar, essa é chamada de lei de Raoult:

$$P = X_A \cdot P_A^\circ$$

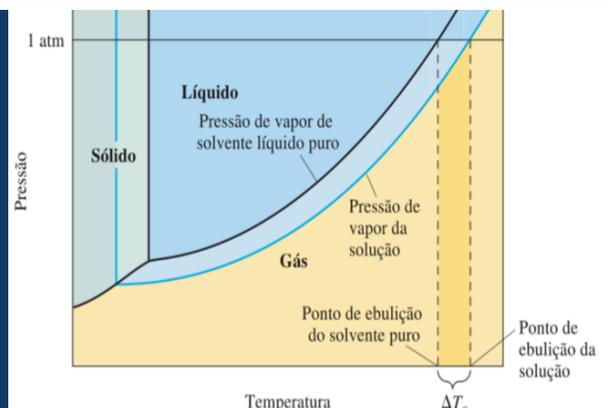
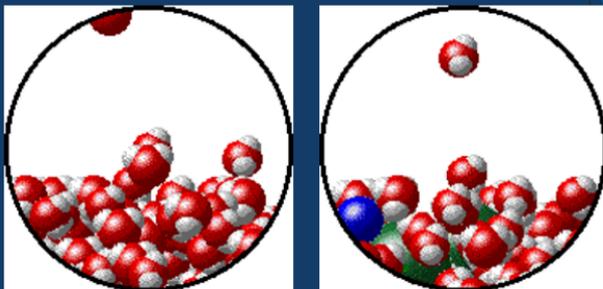
Onde P_A° é a pressão do vapor do solvente puro.

Quando há presença do soluto não volátil ocorre a diminuição da pressão de vapor do solvente (ΔP) e ela é diretamente proporcional à fração molar do soluto, ela independe de que sejam moléculas ou íons, dependem apenas da concentração do soluto:

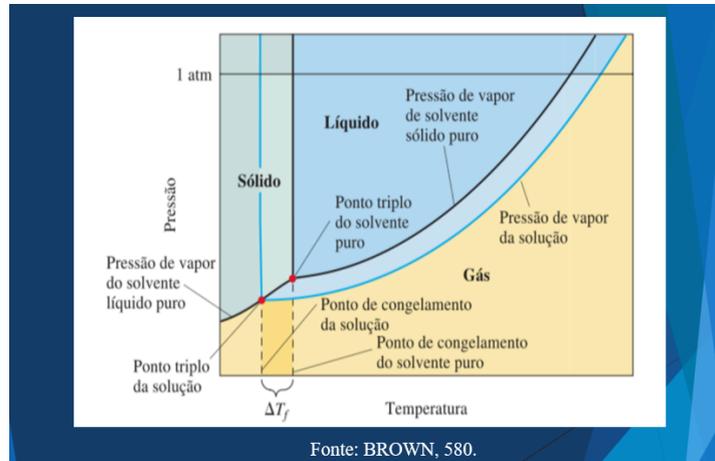
$$\Delta P = X_B \cdot P_A^\circ$$

Em que X_B é a fração molar do soluto.

A adição do soluto não volátil a um solvente puro que abaixa a pressão de vapor da solução tem base termodinâmica. No equilíbrio e na ausência de soluto a energia livre de Gibbs molar do vapor é igual ao do solvente líquido puro. Na solução ideal (que obedece a lei de Raoult em todas as concentrações) a presença do soluto aumenta a entropia da fase líquida, mas a entalpia é mantida, no todo ocorrerá a diminuição da energia livre de Gibbs do solvente, o que resulta na diminuição da energia livre de Gibbs do vapor, pois no equilíbrio elas tem que ser iguais, assim a pressão de vapor também diminui (Atkins, p.357)



Fonte: BROWN, p. 579



A osmose consiste no movimento global do solvente em direção ao meio com maior concentração de soluto (menos solvente), através de uma membrana semipermeável, na intenção das soluções atingirem concentrações iguais. Atkins, diz que a “A osmose é uma propriedade termodinâmica, podemos esperar que ela se relacione com às variações de entalpia e entropia provocadas pelo soluto: solvente flui até que sua energia livre de Gibbs seja a mesma nos dois lados da membrana.”



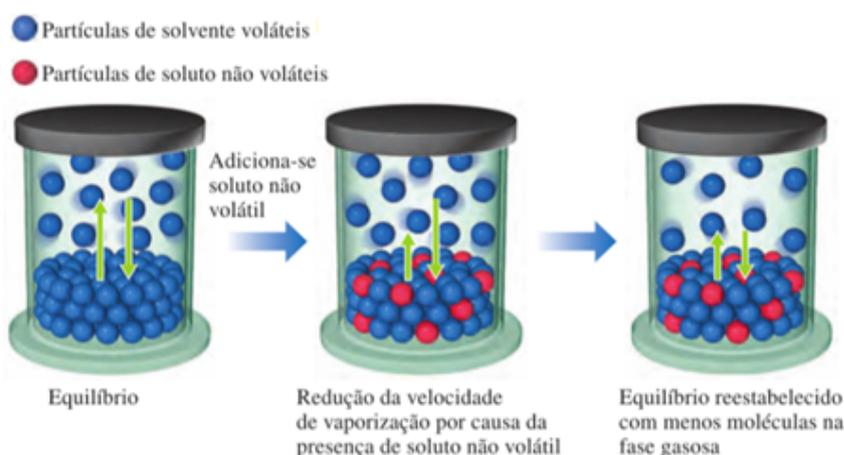
APÊNDICE 3

TEXTO COMPLEMENTAR

São quatro as propriedades coligativas mais importantes: tonoscopia, ebulioscopia, crioscopia e a osmose. A tonoscopia consiste no abaixamento da pressão de vapor, ela resulta em outras duas propriedades coligativas, a ebulioscopia e a crioscopia, porque a presença do soluto causa efeito na entropia do solvente. A ebulioscopia, é uma das propriedades, que consiste no aumento do ponto de ebulição do solvente. A crioscopia consiste no abaixamento do ponto de congelamento. Essas três primeiras propriedades envolvem o equilíbrio entre as duas fases do solvente. A quarta propriedade coligativa é a osmose, que por exemplo é essencial para a vida, pois permite fluir nutrientes entre as paredes das células vivas (ATKINS, p.352).

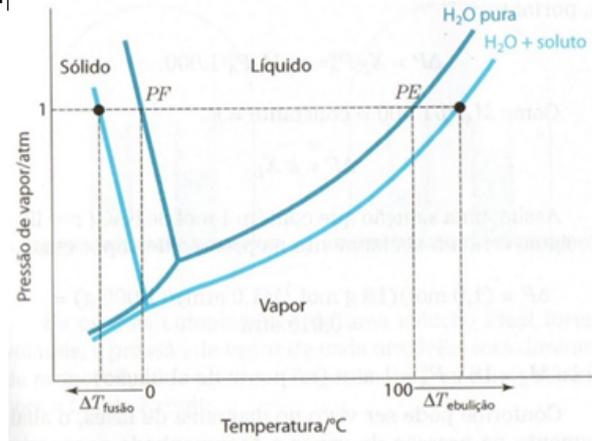
Para compreender as três primeiras propriedades coligativas é preciso inicialmente compreender o conceito de pressão de vapor: "A pressão de vapor representa a pressão exercida pelo vapor quando ele está em equilíbrio com o líquido (isto é, quando a velocidade de vaporização se iguala a velocidade de condensação)" (BROWN, p. 603). Substâncias que tem pressão de vapor mensurável são ditas voláteis, as que não, não voláteis. As soluções originadas por um solvente líquido volátil e um soluto sólido não volátil são formadas espontaneamente em razão do aumento da entropia do sistema, ocasionado pela mistura. Essa adição de soluto estabiliza as moléculas do solvente no seu estado líquido gerando uma tendência menor de escape para o estado vapor. Dessa forma a presença do soluto não volátil, faz com que a pressão de vapor do solvente seja inferior à sua pressão quando puro, ilustrados nas figuras abaixo.

Redução da pressão de vapor pela adição de um soluto não volátil



Fonte: BROWN, p. 576.

Diagrama de fases do solvente puro e da solução evidenciando o abaixamento da pressão de vapor na presença do soluto não volátil



Fonte: TOMA, v.2, p.35

O cientista francês François-Marie Raoult, mediu pressões de vapor na maior parte de sua vida. Ele enunciou que a pressão de vapor do solvente depende do número relativo de moléculas do solvente (n_A), que é expressa sob a forma de fração molar $X_A = n_A / (n_A + n_B)$, ou seja que depende de sua fração molar, essa é chamada de lei de Raoult:

$$P = X_A \cdot P_A^\circ$$

Onde P_A° é a pressão do vapor do solvente puro.

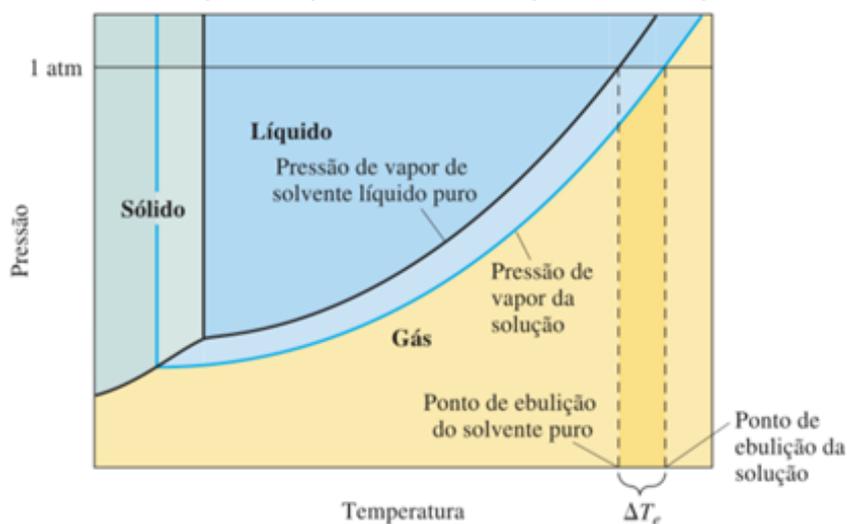
Quando há presença do soluto não volátil ocorre a diminuição da pressão de vapor do solvente (ΔP) e ela é diretamente proporcional à fração molar do soluto, ela independe de que sejam n $\Delta P = X_B \cdot P_A^\circ$, dependem apenas da concentração do soluto:

Em que X_B é a fração molar do soluto.

A adição do soluto não volátil a um solvente puro que abaixa a pressão de vapor da solução tem base termodinâmica. No equilíbrio e na ausência de soluto a energia livre de Gibbs molar do vapor é igual ao do solvente líquido puro. Na solução ideal (que obedece a lei de Raoult em todas as concentrações) a presença do soluto aumenta a entropia da fase líquida, mas a entalpia é mantida, no todo ocorrerá a diminuição da energia livre de Gibbs molar do solvente, o que resulta na diminuição da energia livre de Gibbs do vapor, pois no equilíbrio elas tem que ser iguais, assim a pressão de vapor também diminui (Atkins, p.357)

Como a presença do soluto abaixa a pressão de vapor, o ponto de ebulição do solvente aumenta, e que também é devido ao efeito do soluto na entropia do solvente, o que pode ser observado na figura abaixo. Essa elevação no ponto de ebulição é denominada de ebulioscopia. (atkins p.358).

Diminuição do ponto de ebulição da solução



Fonte: BROWN, p. 579

A elevação do ponto de ebulição é proporcional ao total de partículas de soluto, independente de sua natureza. Este fato é levado em consideração ao definir i , o fator de van't Hoff, como o número de partículas formadas em solução quando um dado soluto é separado por um determinado solvente. A variação no ponto de ebulição de uma solução em comparação à do solvente puro é:

$$\Delta T_e = T_e(\text{solução}) - T_e(\text{solvente}) = i K_e m$$

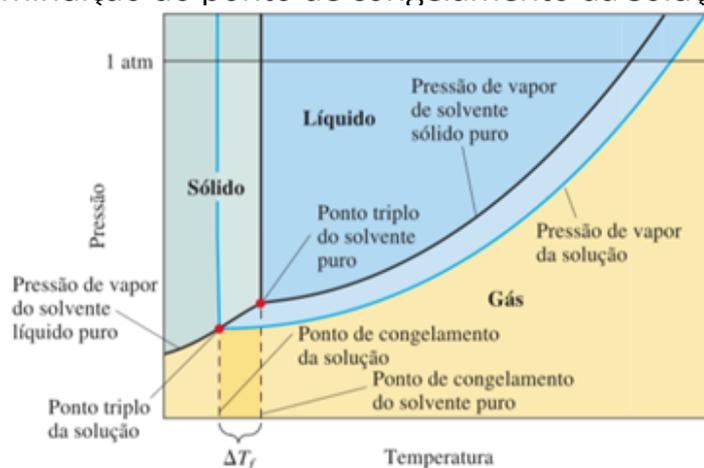
Em que:

- $T_e(\text{solução})$ é o ponto de ebulição da solução;
- $T_e(\text{solvente})$ é o ponto de ebulição do solvente puro;
- i é o fator de van't Hoff
- m é a molalidade do soluto;
- K_e é a constante molal de elevação do ponto de ebulição para o solvente (constante de proporcionalidade determinada para cada solvente)

Para um não eletrólito, podemos considerar que $i = 1$; para um eletrólito, i vai depender de como a substância se ioniza ou se dissocia naquele solvente.

As curvas de vapor do estado sólido líquido se interceptam no ponto triplo. A adição do soluto não volátil, ao abaixar a pressão de vapor, resulta na diminuição do valor do ponto triplo da solução, e conseqüentemente de todos os pontos da curva do equilíbrio sólido-líquido, o que evidencia também a diminuição do ponto de congelamento da solução, em relação ao solvente puro, conforme imagem a seguir.

Diminuição do ponto de congelamento da solução



Fonte: BROWN, 580.

Assim como a elevação do ponto de ebulição, a alteração no ponto de congelamento ΔT_C é diretamente proporcional à molalidade do soluto, considerando o fator de van't Hoff, i :

$$\Delta T_C = T_c(\text{solução}) - T_c(\text{solvente}) = -iK_c m$$

Em que K_c é a constante molar da redução do ponto de congelamento, semelhante a K_e . O ΔT_C é negativo, visto que a temperatura de congelamento da solução é menor que a do solvente puro. A crioscopia consiste em determinar a massa molar de um soluto pelo abaixamento da temperatura de congelamento que ele provoca quando dissolvido em um solvente.

A osmose consiste no movimento global do solvente em direção ao meio com maior concentração de soluto (menos solvente), através de uma membrana semipermeável, na intenção das soluções atingirem concentrações iguais. Atkins, diz que a "A osmose é uma propriedade termodinâmica, podemos esperar que ela se relacione com às variações de entalpia e entropia provocadas pelo soluto: solvente flui até que sua energia livre de Gibbs seja a mesma nos dois lados da membrana."

Van't Hoff mostrou que a pressão osmótica de uma solução de não eletrólito está relacionada com a concentração em quantidade de matéria, C , do soluto na solução, que ficou conhecida como equação de van't Hoff (Equação). A pressão osmótica depende só da temperatura e da concentração em quantidade de matéria do soluto, ela não depende da identidade do soluto e do solvente.

$$\Pi = iRTC_{\text{SOLUTO}}$$

i = fator de van't Hoff
 R = constante dos gases
 T = temperatura

A equação de van't Hoff é usada para a técnica de osmometria, que consiste em determinar a massa molar do soluto a partir das medidas da pressão osmótica. (Atkins p. 362)