
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DA PROBLEMATIZAÇÃO COM O ARCO DE MAGUEREZ NAS AULAS EXPERIMENTAIS DE QUÍMICA

*APPLICATION OF THE PROBLEMATIZATION METHODOLOGY WITH THE ARC
OF MAGUEREZ IN EXPERIMENTAL CHEMISTRY CLASSES*

Rodrigo Kendi, KIMURA¹
Carmem Lucia Costa, AMARAL²

Resumo

Este trabalho apresenta a descrição e resultado da aplicação de um produto educacional que teve como objetivo verificar a contribuição da Metodologia da Problematização com o Arco de Magueréz na aprendizagem significativa de química. Esse produto foi aplicado com 26 graduandos em Química nas aulas experimentais de separação de misturas. Inicialmente foi realizado um diagnóstico dos conhecimentos prévios dos graduandos, em seguida foram desenvolvidas a Metodologia da Problematização, avaliação da aprendizagem significativa, avaliação pelos alunos da Metodologia da Problematização e por último a avaliação da retenção de conhecimento, três meses após a aplicação desse produto. Os resultados mostraram que os alunos tinham conhecimentos prévios sobre o conteúdo escolhido e ao realizarem as etapas do Arco de Magueréz resolveram a situação problema, que era a separação da mistura, evidenciando que houve aquisição de conhecimento com atribuição de significado. A partir dos resultados observados pode-se concluir que a utilização dessa metodologia contribui para uma aprendizagem significativa.

Palavras-chave: Metodologia da Problematização; Arco de Magueréz; Aprendizagem significativa.

Abstract

This work presents the description and result of the application of an educational product that aimed to verify the contribution of the Problematization Methodology with the Arc of Magueréz in the meaningful learning of chemistry. This product was applied with 26 undergraduate students of Chemistry in experimental mixture separation classes. Initially, was carried out a diagnosis of the undergraduate students' previous knowledge, then the Problematization Methodology was developed, followed by

¹ Universidade Cruzeiro do Sul. Email: kimura_rodrigo@hotmail.com

² Universidade Cruzeiro do Sul. Email: carmem.amaral@cruzeirosul.edu.br

meaningful learning evaluation; evaluation of the Problematization Methodology by students; and finally, the knowledge retention evaluation, two months after the application of this product. The results showed that the students had previous knowledge about the chosen content and when carrying out the steps of the Arc of Magueréz they solved the problem situation, which was the separation of a mixture, showing that there was knowledge acquisition with attribution of meaning. From the observed results, it can be concluded that the use of this methodology contributes to meaningful learning.

Keywords: Problematization Methodology, Arc of Magueréz, meaningful learning.

Introdução

Pesquisas em experimentação como as realizadas por Andrade e Massabni (2011) e Galvão e Assis (2019), revelam a eficiência de aulas experimentais quando estas são aplicadas de forma a levar os alunos a refletirem e colocarem suas hipóteses acerca dos conteúdos estudados. Para isso, o professor deve utilizar metodologias ativas que estimulem a participação dos alunos nas aulas. Entre essas, está a da Metodologia da Problematização com Arco de Magueréz apresentada por Berbel na década de 1990. O arco possui cinco etapas que orientam uma situação de ensino partindo de um problema inicial, onde os alunos estudam os componentes causadores do problema e buscam por conhecimento de forma a solucioná-lo, elaborando hipóteses e testando-as na prática.

Uma das principais características dessa metodologia é o fator motivacional, pois os alunos são incitados a buscarem soluções para um problema detectado. Este fator motivacional pode contribuir para despertar a predisposição para aprender, que de acordo com a teoria da aprendizagem significativa é uma condição necessária para que ocorra aprendizagem significativa.

A teoria da aprendizagem significativa surgiu na década de 1960 e teve como seu representante o psicólogo Ausubel que se preocupou em trazer uma explicação do processo de aprendizagem. Esse tipo de aprendizagem tem como vantagens a compreensão, o significado, a capacidade de transferência dos conteúdos aprendidos a situações novas, o tempo de retenção do conhecimento e a possibilidade de reaprendizagem em curto tempo, quando o conteúdo é parcialmente esquecido (MOREIRA, 2012).

Com a finalidade de verificar se a Metodologia da Problematização com o Arco de Magueréz leva a uma aprendizagem significativa de conteúdos de química, foi desenvolvido esse produto educacional que deu origem a uma pesquisa de mestrado

profissional. Desta forma, o objetivo desse artigo é apresentar o produto e o resultado da sua aplicação.

Aporte teórico

A Metodologia da Problematização, adotada neste produto, parte do pressuposto apresentado por Berbel (1999), e tem como característica principal a utilização do Arco de Maguerez que foi desenvolvido por Charles Maguerez na década de 1970, mas só se tornou conhecido a partir do livro publicado por Bordenave e Pereira (1977). Durante algum tempo, esse livro foi o único referencial disponível no meio acadêmico. Durante a década de 1980 ele foi pouco utilizado pelos pesquisadores da área de educação, e sua utilização passou a ser considerada nas últimas décadas do século XX (COLOMBO; BERBEL, 2007).

A Arco de Maguerez apresenta 5 etapas que estão apresentadas na figura 1.

Figura 1 - Etapas do Arco de Maguerez.



Fonte: Bordenave e Pereira (2005).

Na primeira etapa, observação do problema, os alunos são levados a observar a realidade para identificar aquilo que está se mostrando carente, inconsistente, preocupante, necessário, ou seja, problemático. Um problema, no contexto desta Metodologia, é uma questão para a qual não se encontra resposta pronta. A segunda etapa, pontos-chave, os alunos são orientados a identificar os fatores que estão ocasionando o problema, para buscar os pontos a ser estudados e, se compreendidos solucionará o problema. Na terceira etapa, teorização, os alunos investigam e estudam os conteúdos identificados nos pontos-chave, e ocorre a busca para a solução do problema. Na quarta etapa, hipóteses de solução, os alunos são

estimulados a buscar por possíveis soluções para o problema, onde ocorre a elaboração de hipóteses que serão testadas na próxima etapa, a aplicação à realidade. Nesta fase é importante que alguma prática seja efetuada, mesmo que pequena, solucionando e transformando o problema inicialmente identificado (BERBEL, 1999).

Para Bebel (1999) a utilização das etapas desse arco, torna o processo de ensino e aprendizagem significativo, e o aluno passa a não mais se satisfazer com aparências e explicações “mágicas”, e torna-se mais indagador e investigativo. Para isso é importante que o professor proponha situações problemas, pois o aluno tem que raciocinar para resolver o problema, saindo assim da condição passiva e o professor passa a ser um mediador, orientando os alunos na construção de novos conhecimentos.

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa, para a construção de novos conhecimentos é importante que o aluno os relacione com as informações previamente adquiridas por ele (conhecimentos prévios) através de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal).

Os conhecimentos prévios são chamados também de “subsunçores” ou ideia-âncora, que podem ser um símbolo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem, uma representação a ser reconhecida pelo professor e (re)significada pelo aprendiz. Quando ocorre a interação entre o novo conhecimento e o subsunçor, ambos se modificam e este último vai adquirindo novos significados e conseqüentemente vai se tornando mais diferenciados, mais estáveis e o conhecimento vai sendo construindo (MOREIRA, 2011).

De acordo com Moreira (2012) um subsunçor pode ser esquecido ao longo do tempo, principalmente quando não é muito utilizado, entretanto, segundo esse autor, esse esquecimento pode ser somente uma perda de diferenciação de significados e, não, uma perda de significados e quando for reapresentado pode ser “reaprendizado” de maneira relativamente rápida.

Quando um aluno não apresenta conhecimentos prévios sobre um determinado conteúdo o professor deve utilizar materiais introdutórios denominado de organizadores prévios que são recursos instrucionais retratados em um nível elevado de abstração, generalidade e inclusão. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo de um conteúdo, que geralmente estão no mesmo nível de abstração, mas

pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória ou uma simulação (MOREIRA, 2011).

A principal função de um organizador prévio é de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que ele deveria saber para que o novo material possa ser aprendido de forma significativa, ou seja, são pontes cognitivas.

Quanto a aprendizagem, Ausubel (1980) a classifica em três categorias: aprendizagem subordinada, superordenada e por descoberta.

Na aprendizagem subordinativa as ideias estão agrupadas na estrutura cognitiva, possuem relevância específica e direta para tarefas de aprendizagem subsequentes, tem poder exploratório para detalhes factuais, serve de base para outra aprendizagem de forma consistente e organiza os novos fatos em torno de um tema comum, integrando ao conhecimento existente. Na aprendizagem superordenada e combinatória uma nova proposição é aprendida e incorporada a estrutura cognitiva e levará ao surgimento de novas ideias. Na aprendizagem por descoberta o aprendiz deve descobrir o conteúdo através de proposições que representam a solução para um problema ou faça a sugestão de uma sequência de etapas para a sua solução desse problema (*apud* AUSUBEL; NOVAK; HANESIAN, 1980, p.104)

Ao comparar esses tipos de aprendizagem com a Metodologia da Problematização com o Arco de Maguerz pode-se inferir que esta se enquadra na aprendizagem por descoberta, pois com ela, o aprendiz parte de uma situação problema e segue as etapas do arco para sua resolução.

Encaminhamento metodológico

Esse produto foi aplicado com 26 alunos do primeiro ano do curso de graduação em Química (matutino) de uma universidade localizada na zona leste de São Paulo e que cursavam a disciplina de Laboratório de Química Inorgânica. A pesquisa ocorreu durante um período de duas semanas utilizando 6 aulas presenciais de 50 minutos. Houve etapas que foram realizadas à distância (Quadro 2).

No início da aplicação da pesquisa, foi realizado um diagnóstico dos conhecimentos prévios (Quadro 1) dos alunos em relação ao conteúdo de separação de misturas.

Quadro 1 - Questionário para o diagnóstico dos conhecimentos prévios.

<p>Descreva brevemente as seguintes técnicas de separação de misturas, listando os principais materiais e vidrarias.</p> <p>1)Destilação simples e fracionada. 2)Filtração simples e a vácuo. 3)Dissolução fracionada. 4)Decantação.</p>

Fonte: Os autores.

Os alunos foram orientados a responderem o questionário de forma anônima. Esta decisão foi tomada para evitar constrangimento que resultasse na busca por respostas por intermédio da internet, assim como da troca de informações entre colegas de classe.

O quadro 2 mostra todas as etapas da pesquisa.

Quadro 2 – Etapas da pesquisa.

Etapas da pesquisa	Atividade	Tempo utilizado
Apresentação da pesquisa	Apresentação do Arco de Maguerz e diagnóstico de conhecimentos prévios (Quadro 1)	30 min
Problematização	Apresentação de uma mistura a ser separada.	20 min
Pontos-chave	Determinação das substâncias presentes na mistura.	50 min
Teorização	Estudo e aprofundamento sobre métodos de separação de mistura.	À distância
Hipóteses de solução	Apresentação de técnicas que devem ser utilizadas para se realizar a separação de misturas.	À distância
Aplicação à realidade	Realização do processo de separação.	150 min
Avaliação de aprendizagem	Avaliação de aprendizagem significativa e metodologia de ensino (Quadro 3 e 4)	50 min

Fonte: Os autores.

Na primeira etapa do Arco de Maguerz (problematização) os alunos foram divididos em sete grupos, e para cada grupo foi fornecido um erlenmeyer de 250mL contendo uma mistura de 2g de sulfato de cobre, 40mL de etanol, 60mL de água destilada e 2g de areia. O problema que deveriam solucionar era a separação dessa mistura. Estes componentes foram escolhidos por ser necessário a realização de

v. 4, n. 1, p. 127-149, 2020

todos os processos de separação de misturas apresentados. Os alunos foram informados que havia quatro substâncias presentes na mistura e que deveriam ser identificadas e separadas por processos de separação de misturas, e eles teriam que definir esses processos.

Para o passo seguinte (definição dos pontos-chave) os alunos discutiram com seus grupos. Durante esse passo, houve discussões e sugestões sobre os componentes da mistura, e suas propriedades organolépticas giraram em torno de: água, cobre, bromo, sulfato de alumínio, odor de acetona, odor de cachaça, álcool, sal de cozinha, substância branca, odor de licor, sulfato de cobre, substância insolúvel e areia de praia.

Descoberto os componentes da mistura, e discutidos as possíveis maneiras de separá-los, os alunos foram orientados para que realizassem as etapas de teorização e elaboração de hipóteses. A etapa de teorização, que é propriamente a etapa na qual ocorre os estudos sobre os pontos-chave, foi realizada a distância. Para a execução desta etapa, foi recomendado a leitura de livros presentes na biblioteca da instituição, livros disponíveis na biblioteca virtual da universidade e portais de internet (Quadro 3).

Quadro 3 - Recomendações de leituras para a etapa de teorização.

Título da referência	Autor
Técnicas Experimentais em Química: Normas e Procedimentos	FIOROTTO, N. R., 2014.
Química geral e inorgânica	BOTH, J., 2018.
Química: A Ciência Central	BROWN, T. L.; LEMAY Jr, H. E.; BURSTEN, B. E., 2005., 2016.
Princípios de Química: Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente	ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L., 2018.
Brasil Escola: separação de misturas	DIAS, D. L., 2020.
Mundo Educação: separação de misturas	FOGAÇA, J. R. V., 2020.

Fonte: os autores.

Foi fornecido o e-mail de um dos pesquisadores para contato, e este pesquisador entrou em um grupo do WhatsApp dos alunos da sala, para que pudesse fornecer orientação e tirar dúvidas.

A próxima etapa (aplicação à realidade) foi realizada no laboratório de química. Foram disponibilizadas vidrarias e equipamentos necessários para realizar a separação das misturas.

Após a aplicação das atividades seguindo o Arco de Maguerez, foi verificado a contribuição destas etapas para a geração de uma aprendizagem significativa. Para avaliar a aprendizagem, os alunos responderam o questionário apresentado no quadro 4. Assim como no questionário inicial, neste também houve a orientação para que os alunos não se identificassem ao respondê-lo.

As respostas foram coletadas e analisadas seguindo os critérios de avaliação (adaptados) propostos por Santos *et al.* (2018): não soube/distancia, tangencia e se aproxima da definição correta.

O termo se aproxima da definição correta, utilizado para classificação das respostas, diz respeito àquelas consideradas corretas, ou seja, se aproximaram da definição correta. O termo tangencia a definição correta, diz respeito às respostas que tiveram uma abordagem parcial da definição correta. E o termo não soube/distancia expõe as respostas incorretas ou em branco. Os conceitos de química foram corrigidos de acordo com as definições de técnicas de separação de misturas propostas por Atkins, Jones e Laverman (2018), Both (2018) e Fiorotto (2014).

Quadro 4 - Questionário para evidências de aprendizagem significativa.

- 1) Explique como ocorre a separação de mistura por meio da destilação simples e fracionada. Dê exemplos.
- 2) Exemplifique em que áreas da indústria são aplicadas as técnicas de separação de mistura.
- 3) Quais técnicas de separação de misturas eu deveria utilizar para separar uma mistura de NaCl, areia, limalha de ferro e óleo de cozinha.

Fonte: Os autores

A questão 1 verificou evidências de aprendizagem de conteúdo, comparando-a com os resultados dos conhecimentos prévios. A questão 2 buscou evidências de aprendizagem por meio de uma situação nova e não mencionada ou utilizada durante as atividades. Na terceira questão foi apresentada uma nova situação problema para que fosse solucionada a partir dos conhecimentos adquiridos durante o desenvolvimento dos passos do Arco de Maguerez.

Após três meses do término da aplicação da metodologia de ensino, foi aplicado novamente o questionário apresentado no quadro 4 para a busca de evidências de aprendizagem significativa. Para coletar resultados do ponto de vista dos alunos sobre a aplicação da Metodologia da Problematização foi solicitado que respondessem o questionário apresentado no quadro 5.

Quadro 5 - Questionário de avaliação da Metodologia da Problematização

1.Qual o seu nível de interesse pelo trabalho realizado?	<input type="checkbox"/> Muito interessante <input type="checkbox"/> Razoavelmente interessante <input type="checkbox"/> Um pouco interessante <input type="checkbox"/> Não muito interessante <input type="checkbox"/> Nem um pouco interessante
2.Qual o nível de dificuldade encontrado no desenvolvimento da metodologia?	<input type="checkbox"/> Extremamente difícil <input type="checkbox"/> Razoavelmente difícil <input type="checkbox"/> Às vezes difícil <input type="checkbox"/> Fácil <input type="checkbox"/> Muito fácil
3.Você entendeu exatamente a proposta da metodologia?	<input type="checkbox"/> Sabia exatamente o que fazer <input type="checkbox"/> No início eu não tinha entendido <input type="checkbox"/> Nunca ficou claro para mim
4.Se você participou menos do que gostaria neste trabalho, quais foram as principais razões para isso?	<input type="checkbox"/> Tive medo de dizer minha opinião <input type="checkbox"/> Outra pessoa falava por mim <input type="checkbox"/> Não tive chance de dar minha opinião <input type="checkbox"/> Falei o quanto eu quis <input type="checkbox"/> Ninguém prestou atenção ao que falei <input checked="" type="checkbox"/> Não estava interessado no problema <input type="checkbox"/> Não estava me sentindo bem com o trabalho
5.A utilização da metodologia facilitou a aquisição de conhecimentos?	<input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Somente um pouco <input type="checkbox"/> Prefiro as aulas tradicionais <input type="checkbox"/> Sim
6.Você gostaria de trabalhar com a Metodologia da Problematização novamente?	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não

Fonte: Cohen e Lotan (2017) adaptado.

Finalizado as etapas deste percurso metodológico apresentado, as respostas das questões apresentadas aos alunos foram analisadas para avaliar a ocorrência de aprendizagem significativa.

Resultados e Discussão

Diagnóstico de conhecimentos prévios

A Tabela 1 mostra os resultados dos conhecimentos prévios obtidos nas respostas dos alunos.

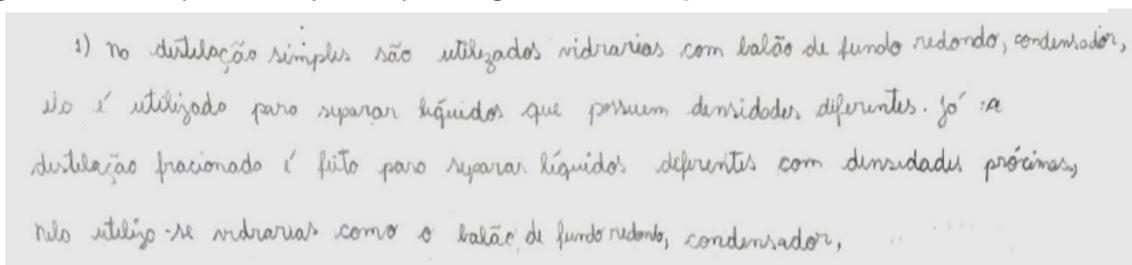
Tabela 1 - Resultados dos conhecimentos prévios dos alunos.

Técnicas de separação de misturas	Não soube / se distanciou	Tangenciou a definição correta	Próximo da definição correta
Destilação simples	21 (80,8%)	3 (11,5%)	2 (7,7%)
Destilação fracionada	19 (73,1%)	5 (19,2%)	2 (7,7%)
Filtração simples e a vácuo	16 (61,5%)	2 (7,7%)	8 (30,1%)
Dissolução fracionada	25 (96,1%)	0 (0,0%)	1 (3,8%)
Decantação	13 (50,0%)	6 (23,1%)	7 (26,9%)

Fonte: Os autores.

Como pode ser observado na tabela 1, de um modo geral, a maioria dos alunos não descreve corretamente as técnicas de separação de misturas. O número de alunos que não sabia/distancia da definição correta nesta etapa indica a possibilidade de não haver subsunçores suficientes para que o novo conteúdo seja relacionado e internalizado. Neste caso, a apresentação da mistura a ser separada, junto com a elaboração dos pontos-chave podem servir como organizadores prévios comparativos, já que estes alunos possuem certa familiaridade com o assunto.

A figura 2 mostra um exemplo de resposta que tangencia a definição correta.

Figura 2 - Exemplo de resposta que tangencia a definição correta.


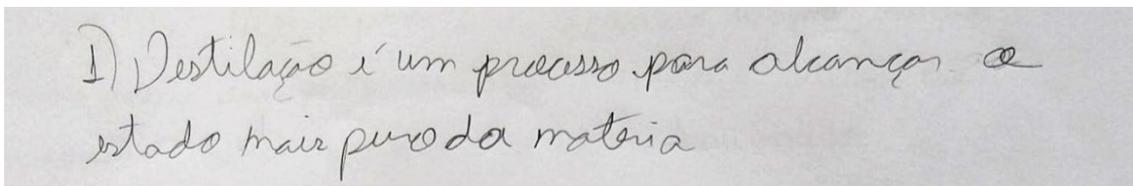
1) Na destilação simples são utilizadas vidrarias com balão de fundo redondo, condensador, isto é utilizado para separar líquidos que possuem densidades diferentes. Já a destilação fracionada é feita para separar líquidos diferentes com densidades próximas, não utilizam-se vidrarias como o balão de fundo redondo, condensador, ...

Fonte: Os autores.

A resposta do aluno (Figura 2) utiliza o conceito de densidade, porém o conceito de temperatura seria o correto, no entanto o aluno demonstra conhecimento sobre o assunto. A destilação simples segundo Atkins, Jones e Laverman (2018), se utiliza das diferenças de pontos de ebulição para separar as misturas. Os componentes de uma mistura vaporizam-se em temperaturas diferentes e condensam-se em um tubo resfriado chamado de condensador.

A figura 3 apresenta um exemplo de resposta de um aluno que se distancia da definição correta.

Figura 3 - Exemplo de resposta que distancia da definição correta.

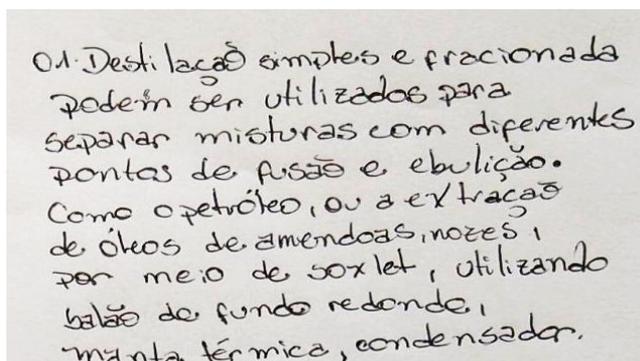


Fonte: Os autores.

Como pode ser observado (Figura 3), o aluno não descreve uma definição do que seria o processo de destilação simples, o que configura um distanciamento da definição correta.

A figura 4 apresenta um exemplo de resposta que aproxima da definição correta.

Figura 4 - Exemplo de resposta que aproxima da definição correta.



Fonte: os autores.

Nessa definição pode-se evidenciar que o aluno reconhece o processo de destilação simples e fracionada, e descreve vidrarias que podem ser utilizadas. Sua definição se aproxima da definição correta.

A Metodologia da Problematização com o Arco de Maguerez

Durante as etapas de problematização e pontos-chave, a interação entre os alunos e a mistura a ser separada, assim como o ato de descobrir quais eram os componentes dela, serviu como uma ponte (organizador prévio) entre o conhecimento que eles já possuíam com as técnicas de separação de misturas apresentadas, levando em consideração que a maior parte dos alunos não possuíam subsunçores adequados.

As discussões e interações entre os alunos pôs em evidência o interesse e motivação na aula. Resultados semelhantes foram apresentados por Silva Jr. *et al.* (2014) quanto à promoção de discussões e debates, além de incentivar a tomada de iniciativa para obter informações.

Essa etapa pode ser definida de acordo com Ausubel (2003) como o método da descoberta. As sugestões dadas pelos alunos foram anotadas na lousa e, após discussões, os componentes presentes na mistura foram revelados na medida em que eram descobertos pelos alunos.

As etapas de teorização e elaboração de hipóteses foram realizadas à distância. Essa decisão foi tomada para viabilizar o tempo disponível para a aplicação da metodologia.

Na etapa de teorização, para orientar e tirar dúvidas, o pesquisador se comunicou com os alunos por intermédio de um grupo de WhatsApp, assim como e-mail. As dúvidas se resumiram sobre as datas estabelecidas para a execução das atividades e explicações sobre o que devia ser realizado. Não houve perguntas ou dúvidas sobre técnicas de separação de misturas.

As hipóteses elaboradas foram enviadas pelos grupos ao e-mail do pesquisador. O Quadro 6 apresenta exemplos das hipóteses.

Quadro 6 - Exemplos de hipóteses enviadas pelos grupos

Hipótese 1	1) filtração utilizando filtro de papel. Separação sólido - líquido; 2) peneiração utilizando uma peneira. Separação sólido - sólido; 3) destilação utilizando um destilador. Separação líquido - líquido.
Hipótese 2	Fazer uma destilação para separar o mais volátil que seria o álcool com o calor o sulfato de cobre ficara diluído. Filtragem para separar a areia. Fazer outra destilação para separar a água do sulfato de cobre e fazer uma evaporação no final para separar a umidade do sulfato de cobre.
Hipótese 3	I. Verificar se todo o CuSO_4 está dissolvido, e terminar de dissolver; II. Montar o sistema de filtração, e realizar a filtração da areia; III. Montar um sistema de destilação, ficando atenta a temperatura do termômetro, pois ao passar de 79°C , todo o álcool ($78,37^\circ\text{C}$) já evaporou sendo condensado e armazenando em um erlenmeyer; IV. Quando a solução atingir 100°C a Água deve ter evaporado e ter sido condensada e armazenada em outro erlenmeyer devidamente identificado, restando apenas o sal de CuSO_4 no fundo do balão.

Fonte: os autores.

Na etapa da aplicação à realidade, atuamos como mediadores do conhecimento. Essa mediação conforme afirma Almeida e Terán (2019), facilita a aprendizagem, pois

cria um ambiente que a favorece ao organizar atividades que promovam a aprendizagem significativa.

Inicialmente, foi observado que os grupos discutiam entre si sobre as técnicas de separação que escolheram. Durante o desenvolvimento da atividade foi observado que alguns grupos realizavam alterações no procedimento da prática, descrito na hipótese, à medida que um grupo dialogava com outro quando enfrentavam dificuldades.

Foi observado o espírito de equipe entre os alunos e entre os grupos, mostrando o que descrevem Cohen e Lotan (2017), que o trabalho em equipe é excelente para a resolução de problemas, pois melhora as relações intergrupais, aumenta a confiança, cordialidade, e pode contribuir no desenvolvimento de habilidades para atuar em equipe que podem ser transmitidas para situações profissionais.

Os grupos foram questionados se para chegar à resolução do problema foram utilizados somente os conhecimentos prévios, ou se foi necessário pesquisar. As respostas indicaram que houve busca pelo conhecimento, e mostraram o caráter motivador da metodologia. Ao final da atividade prática, todos os grupos entregaram as quatro substâncias separadas. Dos alunos presentes, ao final da atividade, um se queixou da metodologia aplicada, por ser trabalhosa, e três alunos de três grupos diferentes se manifestaram dizendo que o conhecimento adquirido “fez sentido”, pois tiveram que colocar em prática o que estudaram, e também testar a hipótese elaborada.

Esta afirmação corrobora o que é descrito por Colombo e Berbel (2007), quando afirmam que a etapa da aplicação à realidade permite utilizar informações que ultrapassam a simples memorização, e mobilizam habilidades de pensamento de nível superior para vislumbrar a relação teoria e prática, das hipóteses elaboradas.

Avaliação de aprendizagem significativa

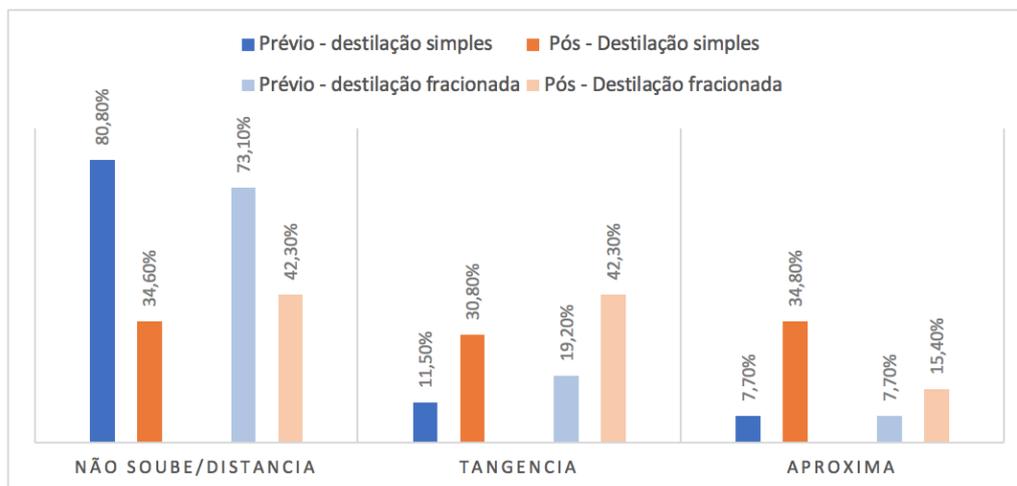
Segundo Moreira (2012, p.24), “o que se deve avaliar é compreensão, captação de significados, capacidade de transferência do conhecimento a situações não-conhecidas, não-rotineiras”. Seguindo essa orientação, foi avaliado se houve uma relação entre os conceitos aprendidos ao longo da atividade, e transferidos para áreas correlatas, por intermédio das respostas coletadas a partir do questionário presente no Quadro 4. A tabela 2 mostra os resultados coletados da questão 1 do Quadro 4.

Tabela 2 – Respostas da primeira questão do questionário pós atividade

Questão	Não soube/ se distancia da definição correta	Se tangencia da definição correta.	Se aproxima da definição correta.
Destilação simples	9 (34,6%)	8 (30,8%)	9 (34,6%)
Destilação fracionada	11 (42,3%)	11 (42,3%)	4 (15,4%)

Fonte: Os autores.

Comparando os resultados deste questionário com os resultados da análise dos conhecimentos prévios (Tabela 1), pode-se perceber um aumento nas taxas de respostas que se aproximam e tangenciam a definição correta, assim como uma diminuição na porcentagem de respostas que se distanciam da definição correta. O resultado pode ser comparado na figura 2.

Figura 5 – Comparação dos resultados dos questionários prévio e posterior.

Fonte: Os autores.

O aumento no número de respostas que se aproximam e tangenciam a definição correta configura que houve aquisição de conceitos, que podem ser evidências de aprendizagem significativa, desde que estes conceitos apresentem significado.

A figura 6 apresenta um exemplo de resposta que se aproxima a definição correta.

Figura 6 - Exemplo de resposta que se aproxima da definição correta.

a) Destilação simples → realizada em soluções líquido-líquido com pontos de ebulição diferentes. A solução é aquecida até atingir o ponto de ebulição do elemento de menor temperatura de ebulição, ele é resfriado ao passar pelo condensador e recolhido.

Destilação fracionada → realizada em soluções líquido-líquido com pontos de ebulição próximos. Ao fazer esse processo, você consegue obter diferentes substâncias separadas ao mesmo tempo.

Fonte: os autores.

Esta resposta demonstra que o aluno aprendeu o significado destas técnicas de separação de misturas, e indica que sabe como utilizá-las. A captação e compreensão do significado é uma evidência de aprendizagem significativa.

A figura 7 apresenta um exemplo de figura que tangencia a definição correta.

Figura 7 - Exemplo de resposta que tangencia a definição correta.

① A separação de mistura tanto na simples quanto na fracionada, ocorre através do ponto de ebulição de cada item.

Fonte: os autores.

A resposta desse aluno tangencia a definição correta pois ele mostra algum conhecimento a respeito das técnicas quando cita que o processo ocorre através do ponto de ebulição de cada item, no entanto, apresenta uma resposta incompleta.

A figura 8 apresenta um exemplo de resposta que se distancia da definição correta.

Figura 8 - Exemplo de resposta que distancia da definição correta.

1) simples: só tem 1 calda, a temperatura deve ser controlada. Ex.: água e álcool.

fracionada: cada ~~calda~~ calda tem uma temperatura, tem mais caldas. Ex.: petróleo.

Fonte: os autores.

Nessa resposta, o aluno descreve que a diferença entre os processos de destilação está na quantidade de “saídas”. Esta resposta se distancia da definição correta.

Para a segunda questão (Quadro 4), foi verificado se houve exemplificações sobre quais áreas da indústria utilizam processos de separação de misturas. Os resultados podem ser observados na tabela 3.

Tabela 3 – Resultado da segunda questão pós atividade.

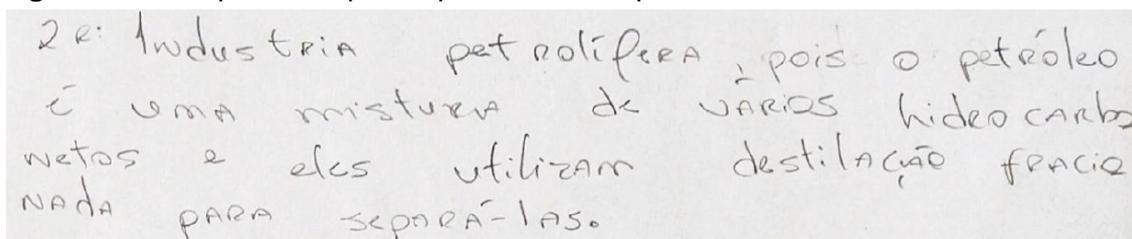
Questão	Exemplificou	Exemplificou parcialmente	Não exemplificou
Exemplifique em quais áreas da indústria são aplicadas as técnicas de separação de mistura.	6 (23,1%)	17 (65,4%)	3 (11,5%)

Fonte: Os autores.

Verifica-se nesta etapa que 23,1% dos alunos souberam exemplificar quais áreas da indústria utilizam processos de separação de misturas, além de apresentar quais técnicas são utilizadas. A coluna que representa 65,4% (exemplificou parcialmente) expõe que foi exemplificado quais indústrias utilizam processos de separação de misturas, no entanto, não foi descrito quais técnicas são utilizadas. Esses resultados indicam que houve relação dos conteúdos aprendidos com conteúdo de áreas correlatas, que incluem situações que não foram mencionadas durante as atividades.

A figura 9 apresenta um exemplo de resposta que exemplifica e cita qual processo de separação de mistura é utilizado.

Figura 9 - Exemplo de resposta que cita e exemplifica



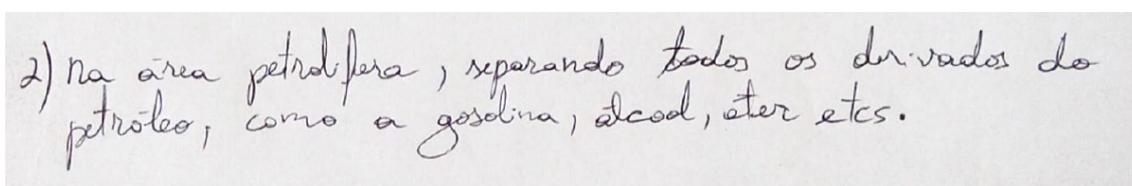
2ª: Indústria petrolífera, pois o petróleo é uma mistura de vários hidrocarbonetos e eles utilizam destilação fracionada para separá-las.

Fonte: os autores.

O aluno cita a indústria petrolífera, e dá como exemplo o processo de destilação fracionada para separar a mistura de hidrocarbonetos presente no petróleo. A utilização do conceito aprendido em uma situação diferente é uma evidência de aprendizagem significativa.

A figura 10 apresenta uma resposta em que outro aluno cita a área petrolífera como área da indústria onde as técnicas de separação de misturas podem ser utilizadas, no entanto, não diz qual técnica é utilizada.

Figura 10 - Cita e não exemplifica



2) na área petrolífera, separando todos os derivados do petróleo, como a gasolina, álcool, éter etc.

Fonte: os autores.

Nesta figura o aluno dá exemplos de substâncias presentes no petróleo, mas não dá exemplos de processos de separação de misturas que podem ser utilizados na indústria, como por exemplo a destilação fracionada. Todavia, há neste caso uma relação entre o conteúdo aprendido com uma situação não apresentada em toda a atividade, configurando uma aprendizagem diferente da aprendizagem mecânica.

Para a terceira questão presente no Quadro 4, foram analisadas quais técnicas os alunos utilizariam para realizar a separação de uma mistura de NaCl, areia, limalha de ferro e óleo de cozinha. Para solucionar este problema era necessário que fossem utilizadas as técnicas de separação de misturas estudadas durante as atividades. Para Moreira (2012) a resolução de um problema diferente que se utilize dos mesmos conceitos aprendidos pode servir como evidência de aprendizagem significativa, pois haverá aquisição de significado. A tabela 4 apresenta os resultados das respostas em que há citações das técnicas utilizadas.

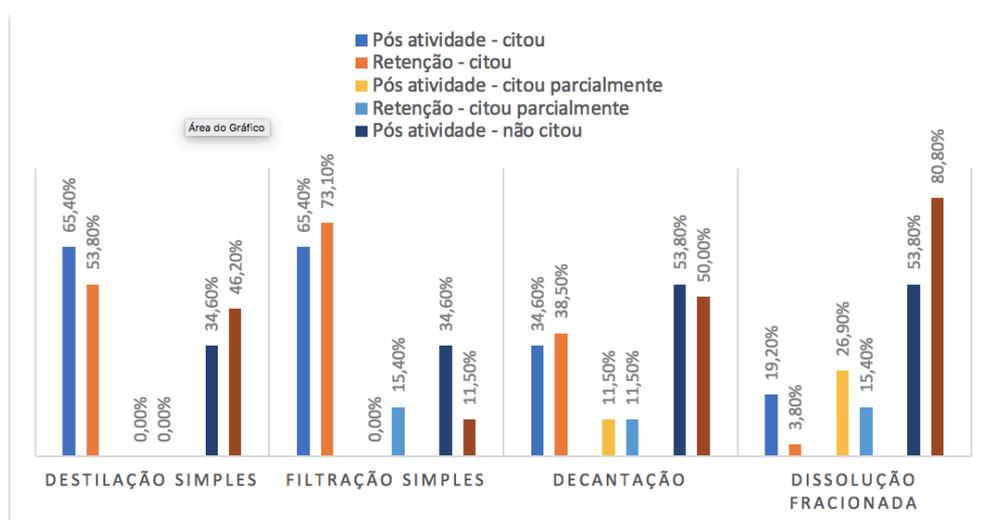
Tabela 4 - Resultados da terceira questão pós atividade.

	Citou	Citou parcialmente	Não citou
Dissolução fracionada	5 (19,2%)	7 (26,9%)	14 (53,8%)
Decantação	9 (34,6%)	3 (11,5%)	14 (53,8%)
Imantação	12 (46,2%)	2 (7,7%)	12 (46,2%)
Destilação simples	17 (65,4%)	0 (0,0%)	9 (34,6%)
Filtração simples	17 (65,4%)	0 (0,0%)	9 (34,6%)

Fonte: Os autores.

O termo *citou* diz respeito às respostas que continham a técnica de separação de misturas citada e utilizada corretamente. O termo *citou aproximadamente* diz respeito às respostas que souberam utilizar a técnica, mas sem citar o nome da técnica utilizada. E o termo *não citou* diz respeito às respostas que não havia utilização da técnica, ou houve utilização incorreta.

As técnicas mais citadas foram as de destilação simples e filtração simples, ambas foram citadas em 65,4% das respostas. A técnica que foi menos mencionada foi a de dissolução fracionada (19,2% das respostas). A figura 11 compara os resultados de conhecimentos prévios com os resultados desta etapa.

Figura 11 – Comparação dos resultados dos conhecimentos prévios e pós atividade

Fonte: Os autores.

Estes resultados mostram que para a técnica de destilação simples, 80,8% dos alunos desconheciam a técnica inicialmente, e após a atividade, verificou-se que 65,4% das respostas utilizaram a técnica para solucionar a nova situação

problemática, evidenciando atribuição de significado para o conteúdo aprendido. Pode-se verificar que na técnica de filtração simples, do mesmo modo, há evidências de aprendizagem significativa, dado que inicialmente 61,5% dos alunos desconheciam a técnica, e após a atividade 65,4% das respostas utilizavam a técnica, evidenciando aquisição de significados. No entanto, as técnicas de decantação e dissolução fracionada foram pouco citadas nas respostas dos alunos.

De um modo geral, pode-se notar que houve aquisição de conhecimento com atribuição de significado em parte das técnicas apresentadas, pois houve utilização de conhecimento adquirido para solucionar um problema de uma situação desconhecida.

Retenção do conhecimento

A tabela 5 apresenta os resultados das respostas dos alunos quanto à retenção do conhecimento sobre técnicas de separação de misturas. Nesta tabela encontra-se os resultados da questão 3, do Quadro 3, e foram aplicadas cerca de 3 meses após as atividades com o Arco de Magueres.

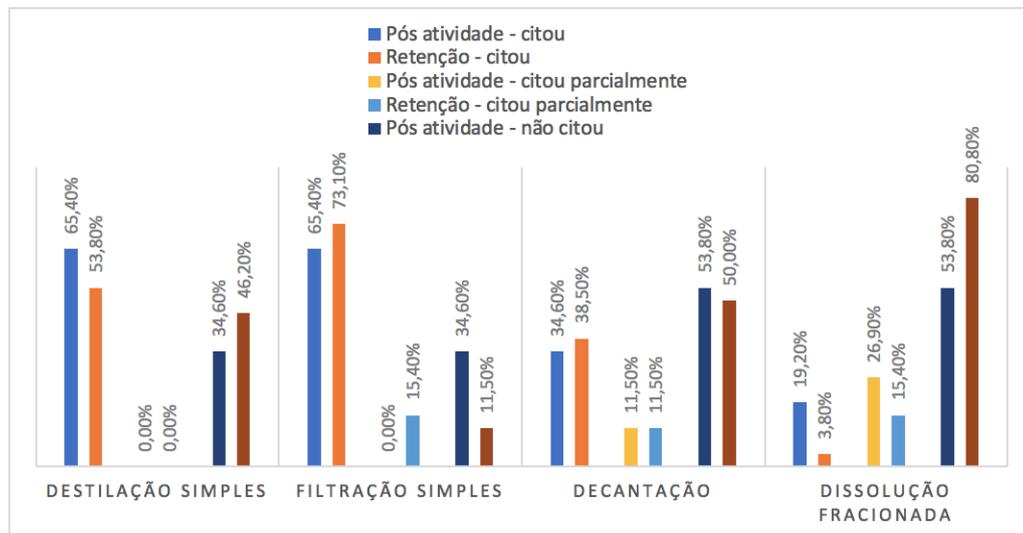
Tabela 5 - Avaliação de retenção de conhecimento para solucionar uma situação problemática.

	Citou	Citou parcialmente	Não citou
Dissolução fracionada	1 (3,8%)	4 (15,4%)	21 (80,8%)
Decantação	10 (38,5%)	3 (11,5%)	13 (50,0%)
Imantação	14 (53,8%)	5 (19,2%)	7 (26,9%)
Destilação simples	14 (53,8%)	0 (0,0%)	12 (46,2%)
Filtração simples	19 (73,1%)	4 (15,4%)	3 (11,5%)

Fonte: Os autores.

Busca-se evidências de retenção dos conteúdos comparando estes resultados (tabela 5) com os resultados das respostas obtidas anteriormente (tabela 4). A figura 12 apresenta a comparação entres estes resultados.

Figura 12 – Comparação dos resultados pós atividade e retenção do conhecimento.



Fonte: Os autores.

Verifica-se que a taxa de alunos que citaram as técnicas de destilação simples, filtração simples e decantação na situação pós atividade prática, se manteve próxima da taxa de alunos que citaram estas técnicas na etapa de avaliação de retenção de conhecimento. Este resultado indica que houve retenção do conhecimento adquirido durante as atividades da Metodologia da Problematização. Por outro lado, a técnica de dissolução fracionada foi a menos internalizada.

Apesar de haver evidências de retenção de conhecimento, de um modo geral, estes resultados indicam que houve aprendizagem parcial do conteúdo total apresentado no início da atividade, porém, o conteúdo aprendido se manteve retido na estrutura cognitiva, evidenciando que houve aprendizagem significativa.

Avaliação pelos alunos da Metodologia da Problematização com o Arco de Maguerez

Na primeira pergunta (Quadro 4), todos os 26 alunos (100%) responderam que acharam a metodologia utilizada muito interessante. Esse resultado pode ser consequência do que descrevem Andrade e Simões (2018) nessa metodologia há possibilidade de relacionar temas mais próximos da realidade com os conteúdos a se ensinar, que acaba por motivar os alunos a estudarem e superar dificuldades, assim como abrir caminhos para a investigação e interação durante as aulas.

Para a segunda questão foi verificado que parte dos alunos (46,2%) encontraram alguma dificuldade durante a realização da metodologia, no entanto, alguns a

acharam fácil de ser seguida (42,3%). A dificuldade encontrada pelos alunos pode ter ocorrido pelo fato de estarem pela primeira vez aprendendo pelo método de ensino da Metodologia da Problematização com o Arco de Maguerez.

Com relação à orientação quanto a proposta da metodologia (questão 3), verificou-se que 46,2% dos alunos sabiam exatamente o que fazer, enquanto 53,8% não compreenderam de início, mas só ao longo do desenvolvimento. Quanto à participação dos alunos no trabalho, 84,6% afirmaram que falaram o quanto quiseram.

Quando questionados se a Metodologia da Problematização com o Arco de Maguerez contribuiu para a aquisição de conhecimentos, todos responderam que sim. Este resultado se repetiu quando foram questionados se gostariam de trabalhar com esta metodologia novamente.

Com base no interesse dos alunos, a Metodologia da Problematização com o Arco de Maguerez apresenta potencial para o ensino de Química, e comprova o seu caráter motivacional.

Considerações finais

Nesta pesquisa foi buscado como a Metodologia da Problematização pode facilitar uma aprendizagem significativa, já que esta metodologia de ensino se baseia no estudo de um problema inicial presente no cotidiano do aluno, promovendo uma aprendizagem “que faz sentido”, pois o aluno acompanha a transformação que acontece enquanto estuda, que por fim gera uma mudança em sua realidade. As atividades com o Arco de Maguerez permitiu que as aulas se distanciassem de um método tradicional de ensino e de uma aprendizagem mecânica e, conseqüentemente, aproximou os alunos a uma aprendizagem com atribuição de significados.

A apresentação de um problema a ser solucionado representado pela mistura a ser separada, distante de um experimento imaginário, mas próximo da realidade, permitiu com que os alunos entendessem a necessidade de aprender (predisposição) necessária para se gerar uma aprendizagem significativa.

Os resultados coletados indicam que houve aprendizagem nos termos da teoria da aprendizagem significativa.

Como limites da pesquisa, verificamos que a utilização do ensino a distância, durante as etapas de teorização e elaboração de hipóteses, pode ter influenciado

parte dos resultados da pesquisa, pois somente nestas etapas houve pouca comunicação entre pesquisador e alunos. Para minimizar esta questão em futuros trabalhos, recomendamos que sejam elaborados sistemas de coletas de informações sobre se estas etapas estão sendo realizadas por todos os alunos. Como sugestão indicamos questionários criados na plataforma Google Formulários, que podem ser respondidos à distância.

Referências

ALMEIDA, D. P.; TERÁN, A. F. Experiência de ensino usando a teoria da aprendizagem significativa em espaços educativos. **Aprendizagem Significativa em Revista**, v.9, n.1, p.48-64, 2019.

ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O Desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, v.17, n.4, p. 835-854, 2011.

ANDRADE, R. A.; SIMÕES, A. S. M. Drogas: uma proposta de metodologia da problematização no Ensino de Química. **Thema**, v. 15, n. 1, p. 5-24, 2018.

ATKINS, P.; JONES, L.; LAVERMAN, L. **Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Porto Alegre: Bookman, 2018.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. 2. Ed., Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

AUSUBEL, D. P. **Aquisição retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva**. 1. Ed., Lisboa: Plátano, 2003.

BERBEL, A. N. **Metodologia da Problematização: fundamentos e aplicações**. Londrina: Ed. UEL, 1999.

BORDENAVE, J.; PEREIRA, A. **Estratégias de ensino aprendizagem**. 1ª Ed., Petrópolis: Vozes, 1997.

BORDENAVE, J.; PEREIRA, A. **Estratégias de ensino aprendizagem**. 4ª Ed., Petrópolis: Vozes, 2005.

BOTH, J. **Química geral e inorgânica**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.

COHEN, E.; LOTAN, R.A. **Planejando o trabalho em grupo: Estratégias para salas heterogêneas**. Porto Alegre: Penso, 2017.

COLOMBO, A. A.; BERBEL, N. A. N. A metodologia da problematização com o arco de Maguerez e sua relação com os saberes de professores. **Semina: ciências sociais e humanas**, v. 28, n. 2, p. 121-146, 2007.

FIOROTTO, N. R. **Técnicas Experimentais em Química**: normas e procedimentos. São Paulo: Érica, 2014.

GALVÃO, I. C. M.; ASSIS, A. Atividade experimental investigativa no ensino de física e o desenvolvimento de habilidades cognitivas. **REnCIMA**, v.10, n.1, p. 14-26, 2019.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. 2. Ed., São Paulo: EPU, 2011.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Qurriculum**, n. 25, p.29-26, 2012.

SANTOS, T. N. P.; BATISTA, C. H.; OLIVEIRA, A. P. C.; CRUZ, M. C. P. Aprendizagem ativo-colaborativo-interativa: inter-relações e experimentação investigativa no ensino de eletroquímica. **Química Nova na Escola**, v.40, n.4, p.258-266, 2018.

SILVA Jr, J. N.; BARBOSA, F. G.; MAFEZOLI, J.; LIMA, M.A.S. Utilização do Arco de Maguerez Modificado como uma Metodologia Problematizadora na Síntese da *p*-Nitroacetanilida. **Rev. Virtual Quim.**, v.6, n.4, p.978-988.

Recebido em: 08/05/2020

Aprovado em: 01/07/2020