

Propondo um experimento simples e de baixo custo para simulação da absorção e do transporte de água em plantas jovens de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)

Proposing a simple, low-cost experiment to simulate water absorption and transport in young common Bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.)

Proponer un experimento simple y de bajo costo para simular la absorción y el transporte de agua en plantas jóvenes de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)

Recebido: 15/06/2021 | Revisado: 24/06/2021 | Aceito: 27/06/2021 | Publicado: 11/07/2021

Tiago Maretti Gonçalves

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8971-0647>

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: tiagobio1@hotmail.com

Resumo

O crescimento das plantas, seu desenvolvimento e funcionamento dentro do seu habitat é estudado pela área da Biologia denominada Fisiologia Vegetal. No ensino médio, essa área é vista pelos alunos como complexa e tediosa, por deter muitos processos e termos que devem ser muito bem contextualizados. Para superarmos tais problemas, o presente trabalho possui como principal objetivo facilitar e instigar a aprendizagem dos alunos na disciplina de Biologia, no Ensino Médio, mais precisamente dentro da Fisiologia Vegetal, no que tange ao tópico de absorção e transporte de água nas angiospermas por meio de um experimento simples e de baixo custo utilizando como modelo plantas jovens de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Assim, a atividade prática em questão permite promover um maior interesse dos alunos, facilitando a contextualização além de possibilitar o trabalho da experimentação científica, sendo uma tarefa de grande impacto no processo de ensino.

Palavras-chave: Botânica; Fisiologia vegetal; Aula prática; Ensino.

Abstract

The growth of plants, their development and functioning within their habitat is studied by the area of Biology called Plant Physiology. In high school, this area is seen by students as complex and tedious, as it has many processes and terms that must be very well contextualized. In order to overcome such problems, the present work has as main objective to facilitate and instigate students' learning in the discipline of Biology, in High School, more precisely within Plant Physiology, regarding the topic of water absorption and transport in angiosperms by means of of a simple and low-cost experiment using young common Bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) as a model. Thus, the practical activity in question allows to promote a greater interest of the students, facilitating the contextualization besides allowing the work of the scientific experimentation, being a task of great impact of the teaching process.

Keywords: Botany; Plant physiology; Practical class; Teaching.

Resumen

El crecimiento de las plantas, su desarrollo y funcionamiento dentro de su hábitat es estudiado por el área de Biología denominada Fisiología Vegetal. En el bachillerato, esta área es vista por los estudiantes como compleja y tediosa, ya que tiene muchos procesos y términos que deben estar muy bien contextualizados. Para superar tales problemas, el presente trabajo tiene como principal objetivo facilitar e impulsar el aprendizaje de los estudiantes en la disciplina de Biología, en la Escuela Secundaria, más precisamente dentro de Fisiología Vegetal, en el tema de la absorción y transporte de agua en las angiospermas por medio de de un experimento simple y de bajo costo utilizando plantas jóvenes de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) como modelo. Así, la actividad práctica en cuestión permite promover un mayor interés de los estudiantes, facilitando la contextualización además de permitir el trabajo de la experimentación científica, siendo una tarea de gran impacto del proceso docente.

Palabras clave: Botánica; Fisiología vegetal; Clase práctica; Enseñando.

1. Introdução

Segundo Taiz et al. (2017), a Fisiologia Vegetal é contextualizada como o estudo dos processos nas plantas que permite compreender o seu crescimento, desenvolvimento, e funcionamento, além de sua interação com os fatores abiótico e o

biótico. Contudo, para muitos alunos do ensino médio, essa área é encarada como complexa, pois detém muitos mecanismos e termos que devem ser muito bem contextualizados pelos alunos. Neste âmbito, Gonçalves (2021a), enuncia que é de grande relevância a proposta e utilização de metodologias alternativas de ensino dentro de sala de aula, com a função de motivar e facilitar o processo norteador do ensino e da aprendizagem dos discentes. Uma dessas metodologias pode ser a abordagem de aulas práticas dentro do ensino de Biologia no Ensino Médio.

No que tange a vivência das aulas práticas, Krasilchik (2004), defende que estas possuem um lugar de destaque dentro dos cursos de Biologia, desempenhando funções singulares tais como: permitir aos discentes que tenham contato direto com os fenômenos, operando materiais e equipamentos, além da observação dos seres vivos (organismos). A autora também destaca que as aulas práticas desafiam a imaginação e o raciocínio, permitindo que o discente possa observar os processos biológicos.

Zompero e Laburú (2016), admitem que as aulas práticas baseadas em investigação permitem promover a aprendizagem de conteúdos de natureza conceitual, como também de conteúdos procedimentais que envolvem a construção do conhecimento científico.

As autoras Sá e Lemos (2021, p. 424) relatam que: “as práticas pedagógicas são fundamentais no processo de ensino e aprendizagem. Quando o professor junta a teoria com a prática está trabalhando não somente no aprendizado de seus alunos, como também, despertando a curiosidade para o assunto trabalhado, possibilitando que eles interajam durante as aulas”.

Já, Garcia & Zanon (2021, p. 2), postulam que:

“a realização de experimentos pode ser uma estratégia importante para que os alunos se apropriem dos conhecimentos trabalhados em sala de aula com mais facilidade e envolvimento. Nesse sentido, na falta de um espaço adequado à realização de aulas experimentais, o conceito de laboratório precisa ser ampliado também para outros ambientes, nos quais o aluno está cotidianamente inserido”.

No entanto, no nosso país, no âmbito da disciplina de Biologia no Ensino Médio, ainda é pouco comum a abordagem de aulas práticas. Nesse sentido, Krasilchik (2004, p. 89), relata que,

“embora a importância das aulas práticas seja amplamente reconhecida, na realidade elas formam uma parcela muito pequena dos cursos de biologia, porque, segundo os professores, não há tempo suficiente para preparação do material, falta-lhes segurança para controlar a classe, conhecimentos para organizar experiências e também não dispõem de equipamentos e instalações adequadas”.

Segundo dados do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, INEP (2019), apenas 38,8% das escolas de ensino público possuem laboratórios de Ciências e Biologia para a realização de aulas práticas.

Assim, a proposta deste trabalho se justifica e pode ser de grande impacto no processo de ensino e aprendizagem aos alunos. Uma vez que, por utilizar materiais simples e de baixo custo, poderá permitir a vivência da experimentação prática. Segundo Sá e Lemos (2020), em detrimento da pandemia do novo coronavírus (Sars-CoV-2), as aulas presenciais foram substituídas por aulas remotas, devido à amplificação da pandemia e foram necessários implementar tecnologias digitais para ministrar as aulas. Desse modo, a aula prática proposta neste artigo pode ser realizada no modelo virtual de ensino, potencializando a aprendizagem dos discentes. Após demonstração do professor, os próprios alunos poderão replicar os experimentos em suas casas, validando os resultados.

O presente trabalho, possui como principal objetivo facilitar e instigar a aprendizagem dos alunos na disciplina de Biologia, no Ensino Médio, mais precisamente dentro da Fisiologia Vegetal, no que tange ao tópico de absorção e transporte

de água nas angiospermas por meio de um experimento simples e de baixo custo utilizando como modelo plantas jovens de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). A aula prática pode ser aplicada aos alunos do 2º ano do Ensino Médio. Por fim, vale a pena ressaltarmos que a presente atividade também pode ser ministrada aos alunos de nível Superior dos cursos de Ciências Biológicas (Licenciatura e Bacharelado) e Engenharia Agrônoma ou Agronomia (Bacharelado), adaptando-se assim o nível de discussões e aprofundamento.

2. Materiais e Métodos

O protocolo da atividade experimental foi baseado em partes por um vídeo educativo na plataforma do Youtube (LearnNext, 2018), utilizando-se materiais simples e de baixo custo. Dessa maneira, essa pesquisa é uma proposta experimental com resultados qualitativos de cunho didático, com suporte metodológico baseado em Koche (2011), Yin (2015) e Pereira (2018). Abaixo, estão dispostos os materiais necessários para condução da atividade.

- Plantas jovens de feijão, germinadas pelo protocolo proposto por Gonçalves (2021b);
- Copos plásticos com extremidades pequenas ou tubos de ensaio;
- 1 seringa de 5 ml (facilmente adquirida em farmácias);
- Massa de modelar;
- Óleo de cozinha, Azeite de Oliva, Banha vegetal ou Banha de porco;
- Caneta marcadora;
- Anilina ou tina guache ou acrílica diluída e água da torneira.

Para a obtenção das plantas jovens de feijão, seguir o protocolo proposto por Gonçalves (2021b). Nesse sentido, o referido protocolo ilustra de maneira simples, clara e eficaz o processo experimental caseiro da germinação de sementes de feijão. Utilizar plantas de feijão com aproximadamente 10 DAP (DAP = dias após o plantio), pois suas raízes estão mais desenvolvidas. Nesse caso, ao transplantar as plantas jovens para os copinhos do experimento, limpar e secar bem suas raízes, com o auxílio de um papel absorvente, no intuito de eliminar qualquer resíduo externo.

2.1 Preparo experimental dos tratamentos e condução da atividade prática

Os tratamentos da proposta prática da simulação do transporte de seiva xilemática de plantas jovens de feijão deverão ser preparados conforme as instruções presentes no Quadro 1. Recomenda-se, utilizar marcadores permanentes para identificação dos copinhos conforme a numeração dos tratamentos abaixo.

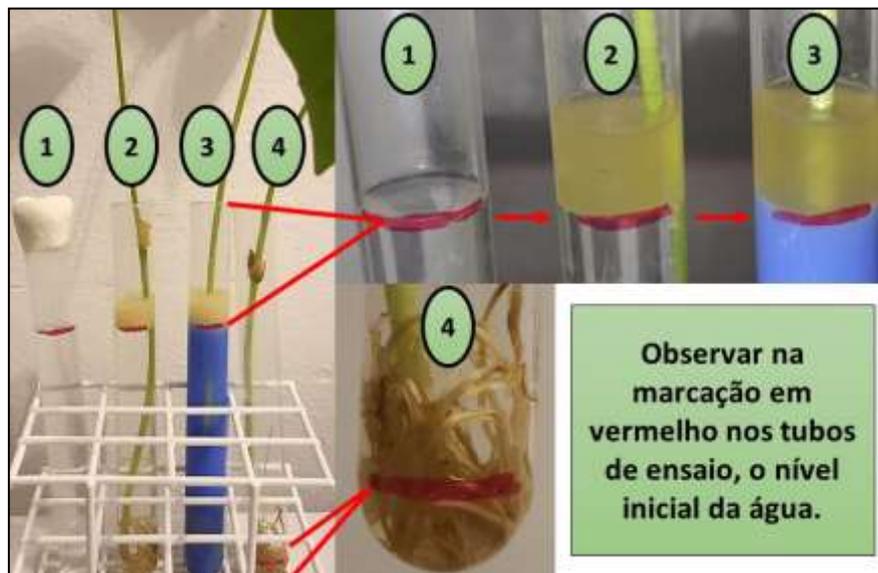
Quadro 1. Tratamentos e suas condições para realização da atividade prática proposta.

Tratamentos (nº)	Condições a serem preparadas
1 Controle	15 ml de água de torneira. (Após o preparo, vedar o tubo de ensaio ou recipiente em sua superfície com o auxílio da massinha de modelar.
2	15 ml de água de torneira + planta jovem de feijão. (Após o preparo, pingar algumas gotas de óleo, ou adicionar banha derretida, na superfície da água no recipiente.
3	15 ml de água de torneira + planta jovem de feijão + algumas gotas de tinta diluída ou anilina. (Após o preparo, pingar algumas gotas de óleo, ou adicionar banha derretida na superfície da água no recipiente.
4	Planta jovem de feijão com 1 ml de água no fundo. (Não vedar, nem pingar óleo nem adicionar banha).

Fonte: Autor (2021).

Na proposta experimental, foi utilizado ao invés do óleo, ou azeite de oliva, a banha de porco. Se for escolhido, utilizar a banha de porco, ou vegetal, inicialmente deve-se aquecê-la durante um minuto no micro-ondas, para o seu completo derretimento. A banha de porco ou vegetal no estado líquida, após aquecida, pode ser pingada na superfície do copo ou do tubo de ensaio, vedando-se assim sua extremidade. Em todos os tubos de ensaio, após o preparo, marcar o nível da água utilizando-se uma caneta marcadora permanente. No tratamento número 3, a tinta utilizada no experimento foi a acrílica azul. Se for utilizado essa opção, diluí-la em um pouco em água, antes de proceder o experimento, para que possa facilitar sua absorção pelas raízes da planta de feijão. Na Figura 1, estão dispostos os tratamentos mantidos em condições iniciais da atividade experimental, os mesmos deverão ser acondicionados em local com ventilação e luz solar abundante.

Figura 1. Tratamentos em condições iniciais do experimento. Notar na marcação em vermelho, o nível inicial da água no tubo de ensaio. 1: Controle; 2: tubo de ensaio contendo água e planta jovem de feijão; 3: água, tinta azul e planta de feijão e 4: planta jovem de feijão com 1 ml de água.



Fonte: Autor (2021).

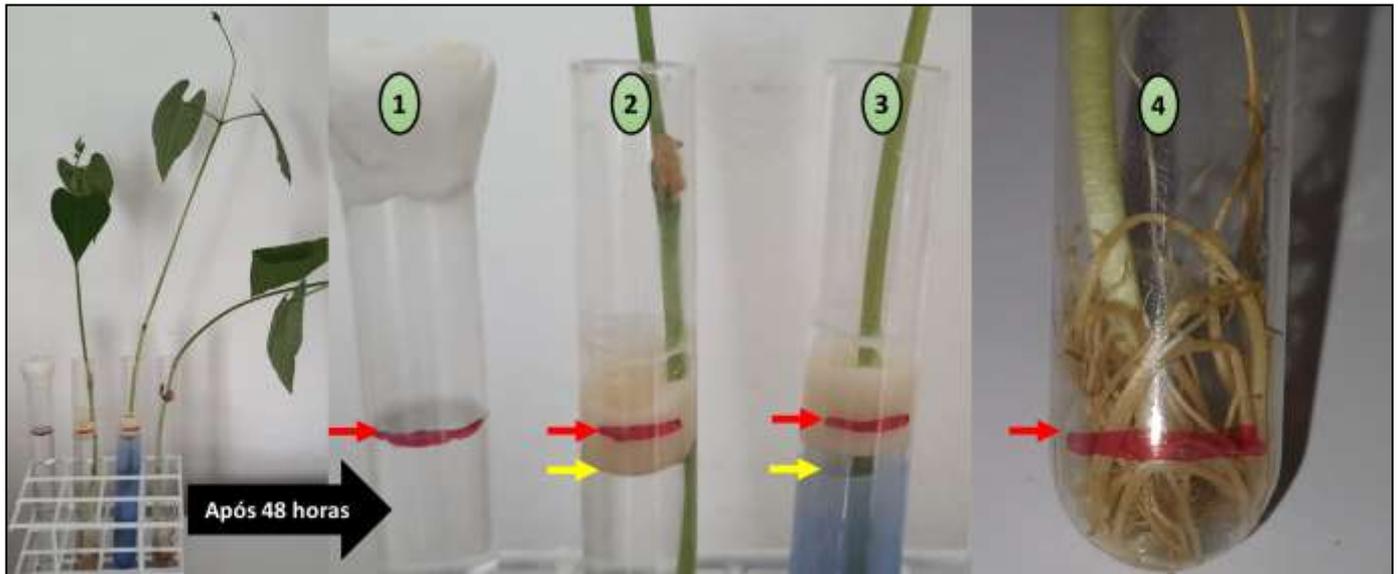
O experimento deverá ficar em observação por pelo menos 48 horas. Deve ser sugerido aos alunos que registrem o antes e o depois com fotos e anotações. No fim da atividade prática proposta, o professor poderá discutir com os alunos os resultados obtidos, no escopo da Biologia (Fisiologia Vegetal e Botânica). Como forma de avaliação e potencialização do aprendizado, no tópico 4 desse artigo estão disponíveis algumas questões, bem como suas respostas esperadas. O preparo do experimento prático possui tempo médio de 15 minutos com condução experimental de 48 horas. A discussão dos resultados pode ter duração média de 40 minutos a depender do aprofundamento abordado pelo professor.

3. Resultados e Discussão

De maneira geral, os resultados do experimento proposto, demonstram de maneira simples, porém elegante, o fenômeno da absorção de água pelas raízes e sua condução por meio do vaso do xilema nas plantas jovens de feijão (*P. vulgaris* L.). Na figura 2, estão dispostos os resultados dessa proposta experimental didática qualitativa. O tratamento número 1, composto por apenas 15 ml de água é o controle da reação. Inicialmente, é de grande valia, explicar aos alunos, sobre a importância da existência de um tratamento controle em pesquisas científicas. Segundo Pithon (2013), esse grupo, é definido como aquele que apresenta elementos com todas as características do grupo experimental, com exceção da variável a ele

aplicada. Já Amatuzzi *et al.* (2006, p. 54) definem o grupo controle como aquele que “possui nenhuma intervenção, ou é aquele que possui um tratamento padrão ou outra forma de tratamento”. Assim, o uso de um grupo controle experimental é de grande relevância na pesquisa, pois esse grupo é utilizado para comparação e avaliação dos demais tratamentos que receberão algum tipo de intervenção, que no nosso caso são os outros tratamentos (2, 3 e 4).

Figura 2. Resultados da experiência didática da simulação do transporte de seiva xilemática pelas raízes das plantas de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) Seta vermelha nos tubos: marcação inicial do nível da água. Seta amarela: nível da água nos tubos de ensaio após 48 horas de espera. No último tubo (4), notar a ausência de água.



Fonte: Autor (2021).

No tratamento número 2 e 3, ocorreu a redução no nível de água nos tubos de ensaio. Sugerir aos alunos que formulem suas hipóteses para explicar o ocorrido. O professor poderá discutir com os alunos que a queda no nível inicial da água na marcação dos tubos de ensaio está relacionada com a absorção de água pelas raízes da planta de feijão e como consequência disso, o seu transporte internamente pelos vasos condutores do xilema. Nessa parte da aula o professor poderá explicar com mais detalhes o processo de absorção de água pelas raízes e como ocorre o processo de condução interna na planta até a sua chegada no xilema. Matos *et al.* (2019), ressaltam que por meio dos pelos radiculares que são extensões de células epidérmicas que promovem um aumento da área de contato entre a raiz e solo. Assim, segundo os autores, essas estruturas permitem a absorção de solução (água) do solo. Outro ponto que pode ser discutido aos alunos é sobre o fenômeno da transpiração estomática. Ao abrir os estômatos, parte da água é perdida na forma de vapor, demandando a planta absorver mais água pelas raízes para compensar essa perda, fazendo com que o nível de água no tubo de ensaio se reduza (Figura 2).

A água uma vez absorvida movimenta-se pelo córtex do sistema radicular via simplasto (a água flui entre as células pelos plasmodesmos sem que atravesse a membrana celular) ou apoplasto (a água move-se pelas paredes celulares e por espaços extracelulares, sem que atravesse qualquer membrana) até o estelo. Para chegar nessa estrutura, a água necessita atravessar um conjunto de células mais espessadas denominadas de estrias de Caspary, assim a entrada da água no xilema somente ocorre atravessando uma membrana, sendo que este processo recebe o nome de rota transmembrana (Matos *et al.*, 2019; Taiz *et al.*, 2021). O professor pode ressaltar aos alunos que o processo de absorção e transporte de água na planta é passivo, sem o gasto de energia. Do contrário, a absorção de sais minerais requer o gasto de energia. A seiva que ascende nos vasos condutores do xilema é denominada seiva do xilema, e esta possui além de nutrientes, aminoácidos e outros compostos

orgânicos em detrimento do metabolismo do N₂ e demais nutrientes do sistema radicular. (Matos et al., 2019). Assim, o transporte da seiva nas plantas pelo xilema pode seguir por meio de três processos como está explicado no quadro abaixo.

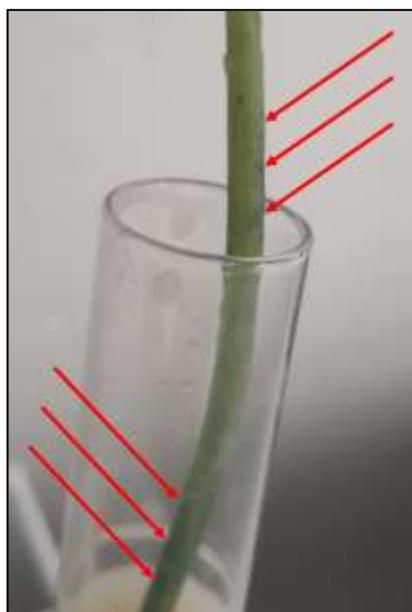
Quadro 2. Mecanismos de transporte interno da seiva do xilema (água + sais minerais) nas plantas.

Mecanismo de transporte da seiva do xilema	Explicação do mecanismo
1. Pressão positiva da raiz	Na região medular do xilema, suas células possuem grande concentração salina, ocorrendo entrada de água por osmose gerada por pressão da raiz. A água então flui poucos centímetros para cima, no entanto, esse processo não explica totalmente o transporte da seiva do xilema.
2. Capilaridade: Adesão/Coesão	Subida da seiva por vasos de pequeno calibre por mecanismo físico/químico da água por meio da adesão/coesão.
3. Tensão-Coesão ou Coesão-Tensão (Hipótese de Jollie/Dixon)	Esse mecanismo é o que mais bem explica o processo de ascensão (transporte) da água e dos sais minerais pelos vasos condutores do xilema. Por meio da transpiração estomática (abertura e fechamento dos estômatos), é gerado um vácuo que promove o transporte da seiva (água + sais minerais) pelo xilema.

Fonte: Autor (2021).

No tratamento 3, pode ser visualizada manchas azuis situadas internamente na planta de feijão comum, nos vasos do xilema, responsável pela condução da seiva xilemática (figura 3). Explicar aos alunos que o que é absorvido pelas plantas irão fazer o seu trajeto até as folhas por meio dos vasos condutores do xilema, que carregará a seiva xilemática, composta por água e sais minerais. Nessa etapa do experimento, em azul podemos evidenciar o transporte da tinta que é formada por pigmentos internamente nos vasos condutores da planta. O professor pode efetuar uma comparação entre a tinta azul e correlacioná-la com a água e os sais minerais absorvidos pelas raízes do feijão sendo transportados pelos vasos do xilema. Como no experimento não foi utilizado anilina, iríamos ver a coloração azul até a parte aérea das folhas de feijão. Por isso, recomendamos o uso de tinta anilina, em vez de acrílica, por possuir uma melhor absorção dos pigmentos pela raiz da.

Figura 3. Resultado do experimento do tratamento 3 (água + tinta azul). As setas vermelhas indicam manchas azuis situadas internamente na planta de feijão, nos vasos do xilema, responsável pela condução da seiva xilemática.



Fonte: Autor (2021).

O objetivo do tratamento número 3, era evidenciar aos alunos que internamente na planta de feijão teremos a presença dos pigmentos da tinta azul utilizada, evidenciando sua absorção pelas raízes e seu o transporte pelo vaso condutor do xilema.

O professor pode complementar as explicações sobre o fenômeno de transporte nas plantas, discutindo com os alunos sobre o transporte da seiva elaborada denominado de translocação pelo floema. Segundo Taiz et al. (2021), a seiva elaborada é composta basicamente por água que se constitui a substância mais abundante. Segundo os autores, além da água também é encontrado na seiva do floema os solutos que serão translocados, como os: carboidratos, aminoácidos, hormônios, íons inorgânicos, RNA e proteínas. Assim, a translocação da seiva elaborada da folha até a raiz é explicada pelo modelo denominado “fluxo de massa”. Segundo Taiz et al. (2021), esse mecanismo em linhas gerais nada mais é do que uma diferença no gradiente de pressão originado osmoticamente entre o órgão fonte (órgãos fotossintéticos, por ex: folha) em direção ao dreno (órgãos não fotossintéticos, por ex: raízes). Essa pressão osmótica gerada, é capaz de transportar a seiva elaborada por meio do floema até a raiz na planta.

No último tratamento (tratamento 4), pode-se observar pela Figura 2, a ausência de água no fundo do tubo de ensaio, após o período de 48 horas. Nesse sentido, o professor deverá comentar com os alunos que parte dela foi absorvida pela planta por meio de suas raízes. Já, a outra parte, foi perdida por meio da evaporação pelo ar. Assim, o professor deverá ser ressaltado a importância de vedar-se os tubos de ensaio, como evidenciado no tratamento 1 (controle) com massa de modelar, e nos tubos 2, e 3 por meio do uso do óleo vegetal, ou da banha. Ao vedarmos esses tubos com esses materiais, eliminamos um fator externo capaz de interferir no resultado do experimento proposto (evaporação da água), assim, o ambiente pode ser um fator determinante como sendo uma variável de interferência em experimentos científicos, e cabe ao pesquisador tentar de alguma maneira minimizá-los, afim de se reduzir possíveis erros experimentais.

4. Questões Propostas e suas Soluções Esperadas

1. Descreva com detalhes o que ocorreu em cada um dos tratamentos do experimento proposto.

No tubo 1, o controle do experimento, nada ocorreu. No tubo 2, ocorreu diminuição do nível de água após o tempo de 48 horas, uma vez que, a planta jovem de feijão absorveu água por meio de suas raízes e realizou transpiração estomática. No tubo 3, ocorreu o mesmo que no tubo 2, no entanto, por meio do pigmento azul, os vasos condutores do xilema ficaram corados com essa cor, explicando o transporte de água que ocorreu desde a sua absorção pela raiz. Por fim, no tubo 4, a água depositada no fundo do tubo no início do experimento, foi perdida por meio da evaporação (já que o tubo não foi vedado, intencionalmente), e também a água restante, foi absorvida pelas raízes da planta jovem de feijão.

2. O que explica a diferença do nível marcado no início do experimento nos tubos de ensaio 2 e 3, em comparação com o nível observado pós o período de 48 horas?

A diferença em relação ao nível inicial de água é explicada por que, nesses tubos ocorreu o transporte de água pela raiz e pelos vasos condutores do xilema das plantas jovens de feijão, além do processo de transpiração estomática por meio de suas folhas.

3. Explique de maneira geral como ocorre a absorção de água e sais minerais pela raiz e o seu transporte até as folhas nas plantas?

A água uma vez absorvida movimenta-se pelo córtex do sistema radicular via simplasto (a água flui entre as células pelos plasmodesmos sem que atravesse a membrana celular) ou apoplasto (a água move-se pelas paredes celulares e por espaços extracelulares, sem que atravesse qualquer membrana) até o estelo. Para chegar nessa estrutura, a água necessita atravessar um conjunto de células mais espessadas denominadas de estrias de Caspary, assim a entrada da água no xilema

acontece por meio de transporte que atravessa a membrana, processo denominado de rota transmembrana (Matos et al., 2019; Taiz et al., 2021). Os sais minerais e a água, são absorvidos pela raiz do vegetal e são transportados por meio dos vasos condutores do xilema que chegam até a parte aérea da planta.

4. Qual o papel de vedarmos os tubos com massa de modelar e com óleo, ou banha? Explique sua resposta.

O papel da vedação dos tubos de ensaio está no fato de reduzir o fenômeno da evaporação da água, sendo um mecanismo que pode influenciar na resposta do experimento. Assim, o pesquisador deve utilizar de artifícios para reduzir o erro experimental e a interferência de fatores externos, dando maior confiabilidade nos seus resultados de sua pesquisa.

5. Conclusões

A abordagem de aulas experimentais na disciplina de Biologia, principalmente na Botânica e Fisiologia Vegetal, pode ser uma atividade de grande impacto no processo de ensino e aprendizagem dos discentes, visto que segundo a literatura, essa metodologia de ensino permite aliar a teoria, na prática, além de instigar os alunos, facilitando a sua aprendizagem. Além disso, o uso de aulas experimentais permite desenvolver no aluno o interesse pela ciência, formulação e resposta de hipóteses.

Pelo trabalho proposto, os alunos poderão compreender melhor os fenômenos de absorção de água na raiz, e o seu transporte nas angiospermas por meio de um experimento simples e de baixo custo utilizando como modelo plantas jovens de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Além de permitir ser trabalhado outros tópicos na Fisiologia Vegetal, como o fenômeno da transpiração estomática.

Como perspectivas futuras, o professor poderá propor aos alunos outros experimentos práticos utilizando materiais simples e de baixo custo relacionados a diferentes tópicos da Fisiologia Vegetal, como o teste de viabilidade e germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.) e feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (Gonçalves, 2021b), o experimento sobre a permeabilidade da membrana plasmática celular da beterraba (*Beta vulgaris* L.) (Gonçalves, 2021c) e um experimento sobre o estresse abiótico em plantas de Milho (*Zea mays* L.) (Gonçalves, 2021d).

Agradecimentos

Agradeço a Revista *Research, Society and Development* (RSD) pela publicação, e aos revisores que contribuíram para a correção e pelas sugestões valiosas do presente artigo.

Referências

- Amatuzzi, M. L. L., Barreto, M. C. C., Litvoc, J., & Leme, L. E. G. (2006). Linguagem metodológica: parte 1. *Acta Ortopédica Brasileira*, 14(1), 53-56. <https://dx.doi.org/10.1590/S1413-78522006000100012>
- Bresinsky, A., Korner, C., Kadereit, J. W., Neuhaus, G., & Sonnewald, U. (2012). *Tratado de Botânica de Strasburger*. (36a ed.), Artmed, 1166p.
- Garcia, R. A. G., & Zanon, A. M. (2021). Aulas experimentais de biologia: um diálogo com professores e alunos. *Instrumento - Revista de estudo e pesquisa em educação*. 23(1), 1-21. <https://doi.org/10.34019/1984-5499.2021.v23.26708>
- Gonçalves, T. M. (2021a). A guerra imunológica das células contra os patógenos: a proposta de um modelo didático tridimensional de baixo custo para simulação da resposta imune celular mediada por linfócitos T CD8⁺. *Brazilian Journal of Development*. 7(1), 4.854-4.860. <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/23099/18554>
- Gonçalves, T. M. (2021b). Teste de viabilidade e germinação de sementes de milho e feijão: uma proposta de atividade experimental de Botânica para o Ensino Médio. *Research, Society and Development*. 10(4). 1-14. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i4.14120>
- Gonçalves, T. M. (2021c). Permeabilidade da membrana plasmática celular da beterraba: uma proposta de aula prática no Ensino Médio. *Research, Society and Development*. 10(3). 1-9. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13479>
- Gonçalves, T. M. (2021d). A proposta de uma aula experimental em Biologia (Fisiologia Vegetal): Vivenciando o estresse abiótico em plantas de Milho (*Zea mays* L.). *Research, Society and Development*. 10(6). 1-11. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15511>

- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, INEP (2019). *Dados do censo escolar*. Recuperado em 08 de março 2021, de: http://portal.inep.gov.br/artigo/-/asset_publisher/B4AQV9zFY7Bv/content/dados-do-censo-escolar-noventa-e-cinco-por-cento-das-escolas-de-ensino-medio-tem-acesso-a-internet-mas-apenas-44-tem-laboratorio-de-ciencias/21206
- Koche, J. C. (2011). *Fundamentos de metodologia científica*. Vozes.
- Krasilchik, M. (2004). *Prática de Ensino de Biologia*. Edusp, 199p.
- LearnNext (2018). *Youtube. Science Experiment, Biology, Plants absorb water through roots*. https://www.youtube.com/watch?v=SRmW5_DXETA&t=2s
- Nabors, M. W. (2012). *Introdução à Botânica*. Roca, 646p.
- Pithon, M. M. (2013). Importance of control group in scientific research. *Dental Press Journal of Orthodontics*, 18(6), 13-14. <https://br.dpjo.net/dpjo-v18n06-2013-13/#:~:text=O%20grupo%20controle%20C3%A9%20constitu%C3%ADdo,parte%20vital%20do%20m%C3%A9todo%20cient%C3%ADfico>.
- Pereira A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. UFSM.
- Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2001). *Biologia vegetal*. (6a ed.), Guanabara Koogan, 906p.
- Sá, E. P. B., & Lemos, S. M. A. (2020). Aulas Práticas de Biologia no Ensino Remoto: Desafios e Perspectivas. *Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia*. 14(53), 422-433. <https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/2874>
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia Vegetal*, (6a ed.), Artmed, 858p.
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2021). *Fundamentos de Fisiologia Vegetal*, Artmed, 558p.
- Yin, R. K. (2015). *O estudo de caso*. Bookman.
- Zompero, A. F. & Laburú, C. E. (2016). *Atividades investigativas para as aulas de Ciências: um diálogo com a teoria da aprendizagem significativa* Apris, 141p.