

A proposta de uma aula experimental em Biologia (Fisiologia Vegetal): Vivenciando o estresse abiótico em plantas de Milho (*Zea mays* L.)

The proposal for an experimental class in Biology (Plant Physiology): Experiencing abiotic stress in Maize plants (*Zea mays* L.)

La propuesta de una clase experimental de Biología (Fisiología Vegetal): Experimentando estrés abiótico en plantas de Maíz (*Zea mays* L.)

Recebido: 26/04/2021 | Revisado: 04/05/2021 | Aceito: 09/05/2021 | Publicado: 20/05/2021

Tiago Maretti Gonçalves

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

Universidade Federal de São Carlos, Brasil

E-mail: tiagobio1@hotmail.com

Resumo

A Fisiologia Vegetal é uma das áreas da Botânica que se preocupa em estudar como as plantas crescem, desenvolvem-se e funcionam dentro do seu habitat. Dotada de muitos termos e processos, essa área é encarada por muitos alunos como complexa e tediosa. Para contornar essa problemática, o presente trabalho possui como principal objetivo facilitar e motivar a aprendizagem dos discentes na disciplina de Biologia, no Ensino Médio, mais precisamente dentro da Fisiologia Vegetal, no que tange ao tópico de estresse abiótico em plantas de milho (*Zea mays* L.). Dessa maneira, a atividade prática proposta permite ao aluno trabalhar com materiais simples e de baixo custo e analisar os efeitos de fatores abióticos estressantes como o fator estresse salino, estresse por pH intensamente básico, pH ácido e estresse hídrico em plantas jovens de milho. Assim, a atividade prática em questão permite promover um maior interesse dos alunos, facilitando a contextualização além de possibilitar o trabalho da experimentação científica.

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

Abstract

Plant Physiology is one of the areas of Botany that is concerned with studying how plants grow, develop and function within their habitat. Endowed with many terms and processes, this area is seen by many students as complex and tedious. To circumvent this problem, the present work has as main objective to facilitate and motivate the learning of students in the discipline of Biology, in High School, more precisely within Plant Physiology, with regard to the topic of abiotic stress in maize plants (*Zea mays* L.) In this way, the proposed practical activity allows the student to work with simple and low-cost materials and to analyze the effects of abiotic stressors such as the salt stress factor, stress by extremely pH, acid pH and water stress in young maize plants. 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.

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

Resumen

La Fisiología Vegetal es una de las áreas de la Botánica que se ocupa de estudiar cómo crecen, se desarrollan y funcionan las plantas dentro de su hábitat. Dotada de muchos términos y procesos, muchos estudiantes consideran que esta área es compleja y tediosa. Para superar este problema, el presente trabajo tiene como principal objetivo facilitar y motivar el aprendizaje de los estudiantes de la disciplina de Biología, en el la Escuela Secundaria, más precisamente dentro de Fisiología Vegetal, en lo que respecta al tema del estrés abiótico en plantas de maíz (*Zea mays* L.). De esta forma, la actividad práctica propuesta permite al alumno trabajar con materiales sencillos y de bajo costo y analizar los efectos de estresores abióticos como el factor de estrés salino, el estrés pH básico extremo, el pH ácido y el estrés hídrico en plantas jóvenes de maíz. 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.

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

1. Introdução

Dentro da Botânica, a Fisiologia Vegetal é definida como o estudo dos processos vegetais, relacionando como as

plantas crescem, desenvolvem-se e funcionam no que tange a sua interação com os ambientes físico (abiótico) e vivo (biótico). (Taiz et al., 2017). No entanto, para a grande maioria dos alunos no ensino médio, essa área é encarada como bastante desafiadora, uma vez que possui muitos processos e termos que devem ser muito bem contextualizados pelos discentes. Neste sentido, segundo Gonçalves (2021a), é de suma importância a proposta de novas metodologias de ensino dentro de sala de aula, com o intuito de instigar e facilitar o processo norteador do ensino e da aprendizagem dos alunos. Uma dessas metodologias pode ser a abordagem de aulas experimentais dentro do ensino de Biologia no ensino médio.

Segundo Krasilchik (2004), as aulas práticas (de laboratório) possuem um lugar de destaque dentro dos cursos de Biologia, desempenhando funções singulares como: permitir aos discentes que tenham contato direto com os fenômenos, manipulando os materiais e equipamentos, além da observação de organismos. A autora também ressalta que aulas experimentais permite ao aluno observar os processos biológicos, desafiando sua interpretação e raciocínio.

Gonçalves (2021b; 2021c) ressaltam que, as aulas experimentais podem permitir a aplicação dos conceitos vivenciados nas aulas teóricas, facilitando a aprendizagem do tema proposto, além de promover a discussão e a proposição de hipóteses, aguçando-se assim, a ótica da experimentação científica nos alunos. Neste contexto, os autores Trivelato & Silva (2011, p. 76) postulam que:

“o professor assume um papel fundamental nesse processo investigativo, no sentido de propor problemas, acompanhar as discussões, promover novas oportunidades de reflexão, estimular, desafiar, argumentar, ou seja, tornar-se um orientador da aprendizagem de seus alunos e auxilia a passagem do senso comum para o saber científico” (Trivelato & Silva, 2011, p.76).

Já, Garcia & Zanon (2021, p. 2), ressaltam 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” (Garcia & Zanon, 2021, p. 2).

No contexto do ensino brasileiro, infelizmente ainda é pouco comum a adoção de aulas práticas dentro do ambiente escolar nas aulas de Biologia no ensino médio. Esse fato é ressaltado por Krasilchik (2004, p. 89), argumentando 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” (Krasilchik, 2004, p. 89).

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.

No presente trabalho, a justificativa dessa proposta metodológica experimental aos alunos trará grande impacto no processo de ensino e aprendizagem, permitindo vivenciar a prática de aulas experimentais utilizando-se materiais simples e de baixo custo. Outro ponto de importância que deve ser destacado é a pandemia do novo coronavírus (COVID-19). A maioria das aulas estão seguindo o modo virtual de ensino, e para potencializar ainda mais o ensino, os próprios alunos poderão efetuar os experimentos em suas casas, mediante instruções prévias do professor, por meio de uma aula virtual on-line. O professor poderá realizar a aula prática e depois, em suas casas, os alunos poderão repetir os experimentos, validando o que foi aprendido e em outro encontro, o professor poderá discutir os resultados com os alunos esclarecendo possíveis dúvidas (Gonçalves, 2021d).

O presente trabalho, possui como principal objetivo facilitar e motivar a aprendizagem dos discentes na disciplina de Biologia, no Ensino Médio, mais precisamente dentro da Fisiologia Vegetal, no que tange ao tópico de estresse abiótico em plantas de milho (*Zea mays* L.), aplicado aos discentes do 2º ano do Ensino Médio. Vale a pena ressaltarmos que a presente atividade também pode ser abordada aos alunos de nível Superior nos 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 desenvolvido pelo próprio autor, do qual simula de maneira prática e didática os efeitos de várias condições de estresse abiótico sofrido por plantas jovens de milho (*Zea mays* L.), utilizando-se materiais simples e de baixo custo. Dessa forma, esse trabalho é uma proposta experimental didática com resultados qualitativos. Abaixo, estão dispostos os materiais necessários para condução da atividade.

- Sementes de milho germinadas e serão utilizadas suas plântulas pelo protocolo de Gonçalves (2021d);
- Copos plásticos de 150 ml;
- Solução de Hidróxido de Sódio – NaOH 1,5N (adquirido em lojas de produtos de laboratório ou de limpeza);
- Sal de cozinha (NaCl);
- Colher de chá;
- Uma caneta marcadora;
- Vinagre (ácido acético);
- Água de torneira;
- EPI – Equipamento de Proteção Individual (jaleco, luva e óculos de proteção).

Para a obtenção das plantas jovens de milho, seguir o protocolo proposto por Gonçalves (2021d). Nesse sentido, o referido protocolo ilustra de maneira simples, clara e eficaz o processo experimental caseiro da germinação de sementes de milho. Como outra possibilidade, pode ser utilizado para condução da aula prática, plantas jovens de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Utilizar plantas de milho com aproximadamente 10 DAP (DAP = dias após o plantio), pois suas raízes estão mais vigorosas. 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 líquido e sólido externamente.

2.1 Preparo experimental dos tratamentos e condução da atividade prática

Os tratamentos da proposta prática do estresse abiótico de plantas de milho deverão ser preparados conforme as instruções presentes no Quadro 1. Utilizar marcadores permanentes para identificação dos copinhos conforme a numeração dos tratamentos abaixo.

Chamar atenção aos alunos para o preparo do tratamento contendo Hidróxido de Sódio (NaOH). Nesse tratamento, os alunos deverão utilizar EPI's (Equipamentos de proteção individual), como jaleco, luvas e óculos de proteção, pois o reagente em questão é bastante corrosivo, assim, o uso de proteção é de suma importância para evitar acidentes. Pode ser sugerido também o preparo dessa parte do experimento (tratamento nº 3 - Estresse por pH alcalino - NaOH) por um adulto devidamente paramentado. Se o NaOH for adquirido na forma granular, dissolver uma pequena quantidade em 50 ml de água, tomar cuidado para que a solução não fique túrgida, podendo após o processo de preparo ser filtrada por meio de um papel filtro.

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

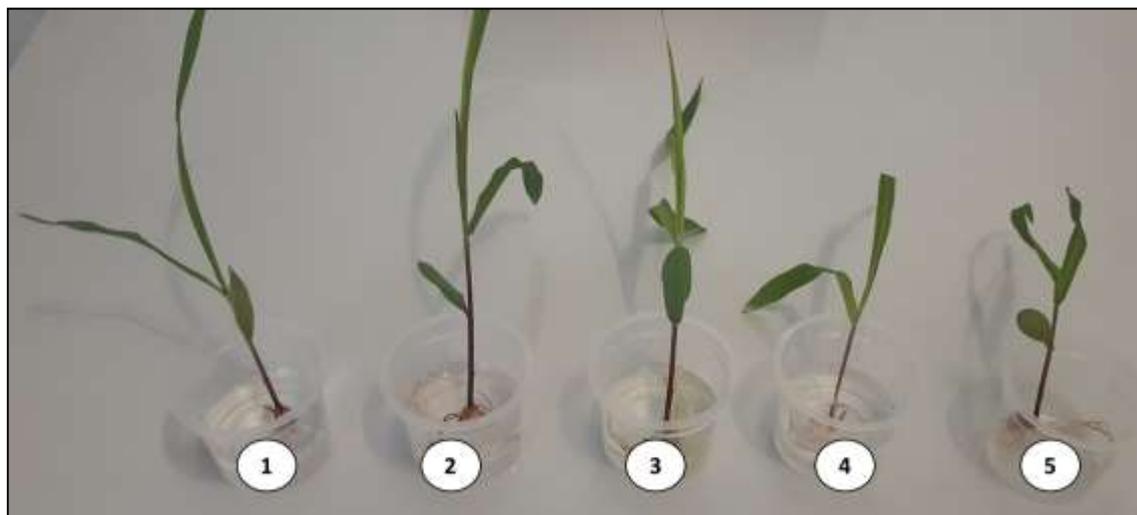
Tratamentos (n°)	Simulação do estresse abiótico	Condições a serem preparadas nos copos de 150 ml
1	Controle	60 ml de água de torneira + planta jovem de milho.
2	Estresse salino	Duas colheres de chá de sal de cozinha (NaCl) dissolvidas em 60 ml de água + planta jovem de milho.
3	Estresse por pH alcalino	50 ml de hidróxido de sódio + 10 ml de água de torneira + planta jovem de milho.
4	Estresse por pH ácido	50 ml de vinagre (ácido acético) + 10 ml de água de torneira + planta jovem de milho.
5	Estresse hídrico	Copo contendo apenas a planta jovem de milho.

Fonte: Autores (2021).

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 diurna abundante.

Figura 1. Tratamentos em condições iniciais do experimento de estresse abiótico em plantas de milho (*Zea mays* L.).

1: Controle; 2: Efeito estresse salino (NaCl); 3: Efeito pH alcalino (NaOH); 4: Efeito pH ácido (Vinagre – Ácido acético) e 5: Efeito do estresse hídrico (Ausência de água).



Fonte: Autores (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.

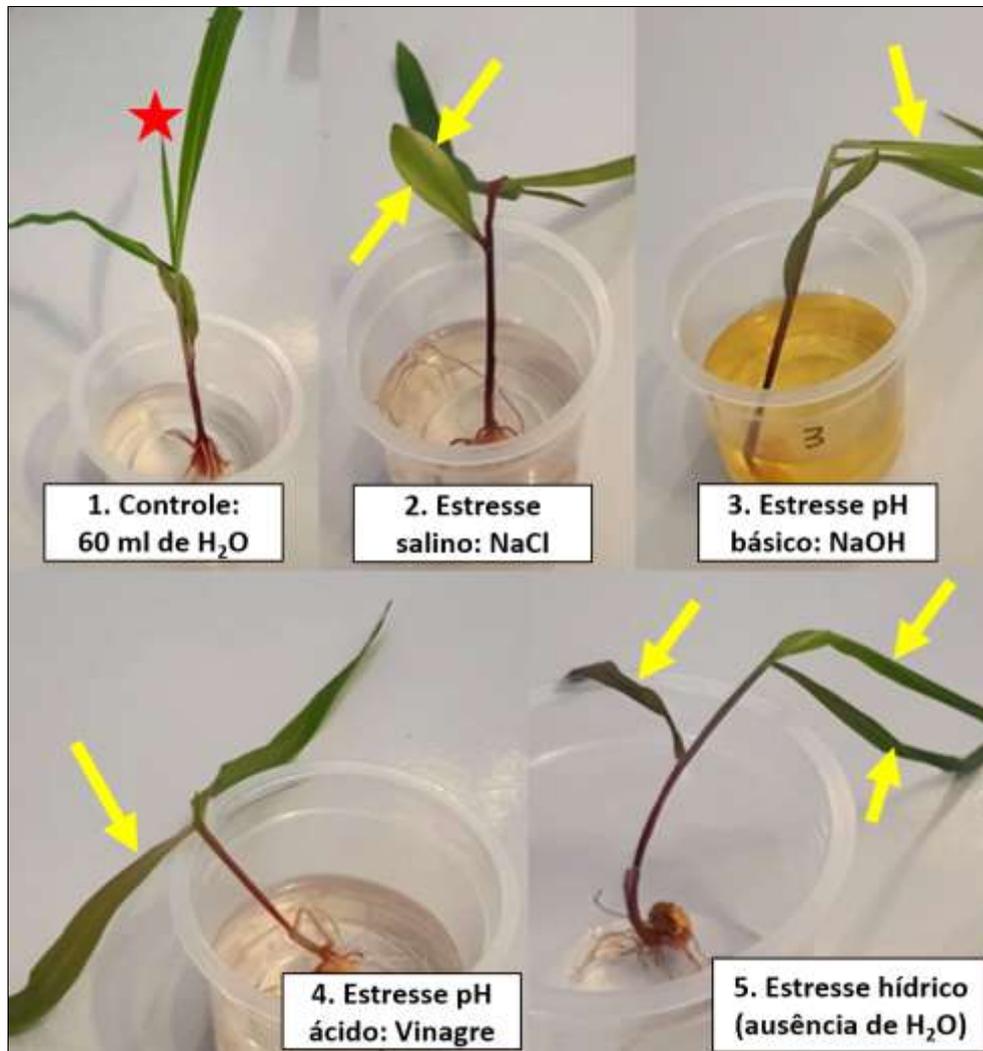
O preparo do experimento prático possui tempo médio de 20 minutos com condução experimental de 48 horas. A discussão dos resultados pode ter duração média de 50 minutos a depender do aprofundamento abordado pelo professor.

3. Resultados e discussão

Na Figura 2, estão dispostos os resultados da proposta experimental didática qualitativa presente neste artigo. O tratamento número 1, composto por 60 ml de água é o controle da reação e não foram observadas mudanças significativas na planta jovem de milho, e ela se manteve com coloração verde intenso. A única diferença é que neste tratamento, pode-se observar a emergência e desenvolvimento de um primórdio foliar (Indicado por uma estrela vermelha na Figura 2), desenvolvendo-se bem em condições normais, uma vez que foi fornecido luz natural e água.

Explicar aos alunos, a importância da existência de um tratamento controle em pesquisas experimentais. Neste sentido, um grupo controle, é definido como aquele que possui elementos que apresentam exatamente todas as características do grupo experimental, com exceção da variável a ele aplicada (Pithon, 2013), e segundo Amatuzzi *et al.* (2006), esse grupo possui nenhuma intervenção, ou é aquele que possui um tratamento padrão ou outra forma de tratamento. Assim, a adoção de um grupo controle experimental é de grande importância, pois esse grupo é utilizado para comparar e avaliar os demais tratamentos que receberão algum tipo de intervenção, que no nosso caso são os diversos tipos de estresse (salino, pH – básico, ácido e hídrico).

Figura 2. Resultados da experiência didática para avaliação de diversos fatores de estresse em plantas de milho (*Zea mays* L.). A estrela vermelha no primeiro tratamento (1), indica o desenvolvimento e emergência de folhas jovens. As setas amarelas indicam as mudanças físicas, morfológicas e fisiológicas nas plantas submetidas em cada um dos tratamentos avaliados.



Fonte: Autores (2021).

O tratamento número 2 é aquele evidenciado pela adição de duas colheres de chá de sal de cozinha (NaCl), onde ocorreu a simulação da planta em meio de estresse salino. Na figura (seta amarela), houve mudança de coloração da folha de um tom verde intenso para uma cor esbranquiçada. Segundo Taiz et al. (2017), plantas submetidas a uma condição com grande presença de sais podem apresentar estresse osmótico, podendo causar um déficit hídrico, o que levou o aspecto murcho da planta. O acúmulo de íons pode interferir na absorção de nutrientes pela planta, levando a um quadro de citotoxicidade. Ainda, segundo os autores, altas concentrações de sais podem levar a desnaturação de proteínas e desestabilização de membranas, em detrimento a redução no nível de hidratação dessas macromoléculas. Níveis elevados de sódio no meio pode levar a planta a uma redução na área foliar, inibição de gemas laterais, podendo até mesmo inibir os processos fotossintéticos (Taiz et al., 2017). Fato esse que pode ser observado ao analisarmos a folha esbranquiçada. Esse tom claro nas folhas é grande indício de queda no potencial fotossintético. (seta amarela, Figura 2).

No tratamento 3, que representou o estresse de pH alcalino, em detrimento da adição de grande quantidade de Hidróxido de Sódio (NaOH), as folhas da planta jovem de milho se tornaram murchas e amareladas (seta). Esse aspecto murcho e a coloração amarelada pode ser devido a incapacidade da planta em assimilar os macro e micronutrientes do solo, em

detrimento da variação brusca de pH para um nível extremamente alcalino. Segundo Camargos (2005), plantas em solos muito alcalinos possuem baixa disponibilidade de nutrientes, o que pode afetar o seu desenvolvimento, assim, se o pH se aproxima cada vez mais da neutralidade (pH 7,0) maior será a porcentagem de absorção dos macro e micronutrientes pelas plantas. Na cultura do milho, o pH ideal para o crescimento e desenvolvimento das plantas é em torno 6 a 7,2, possuindo menor tolerância pH baixo (<5,0) (Yara Brasil, 2018). No nosso país, solos extremamente alcalinos são menos comuns, o que pode ser devido ao manejo incorreto no processo de calagem dos solos (Camargos, 2005). Nessa parte da aula, o professor pode chamar a atenção dos alunos que além da água e dos produtos da fotossíntese como a glicose e o oxigênio, as plantas necessitam de outros nutrientes essenciais para crescerem e se desenvolverem, como é o caso dos macro e micronutrientes.

Segundo Alcântara (2021), os macronutrientes são aqueles requeridos pelas plantas em altas quantidades, já os micronutrientes, são aqueles dos quais elas precisam em quantidade muito diminutas. Os macronutrientes mais importantes para o desenvolvimento das plantas são o nitrogênio, o potássio e o fósforo. Além desses, são também essenciais para as plantas o cálcio, o magnésio e o enxofre. Em relação aos micronutrientes, os principais são: boro, cloro, molibdênio, cobre, ferro, zinco e manganês (Alcântara, 2021). Nas lavouras, conforme as plantas vão se desenvolvendo, elas necessitam de macro ou micronutrientes específicos, essa deficiência pode ser sanada administrando-se esses nutrientes por meio de fertilizantes, em particular nitrogênio, fósforo e potássio (Taiz et al., 2017). Assim, para haver o diagnóstico de qual nutriente a planta necessita, o agricultor deve submeter uma pequena amostra do solo a um laboratório de análises químicas, ou até mesmo uma pesquisa mais rigorosa, utilizando-se uma amostra de tecido foliar de sua lavoura.

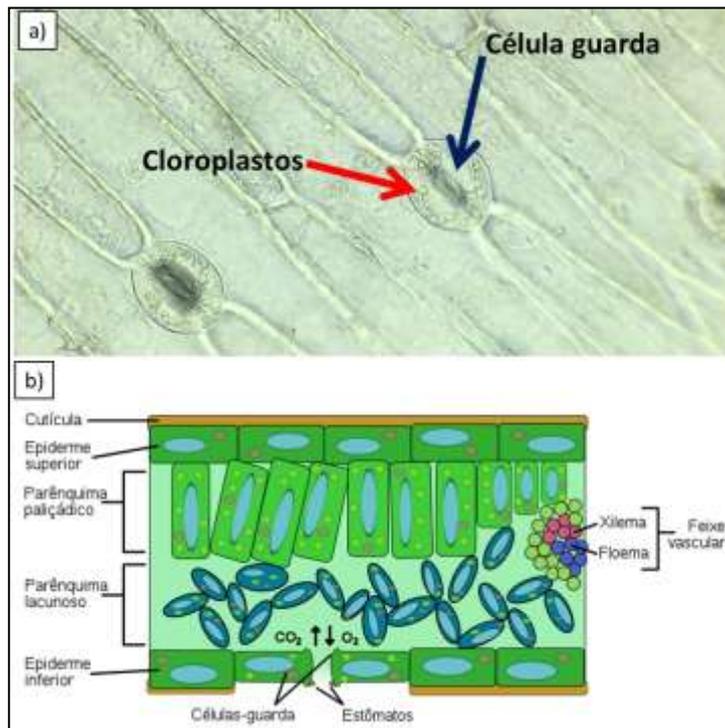
No tratamento número 4, que evidenciou o estresse por pH em meio ácido, a planta de milho exibiu coloração amarelada nas folhas (clorose). O amarelamento da folha exibida na figura 2, pode ser devido ao baixo aproveitamento/absorção dos nutrientes pela planta (Camargo, 2005). Nesse sentido, por exemplo, o ferro e o manganês podem estar sendo afetados pela brusca mudança de pH do meio, e a planta possui um decréscimo do conteúdo heme, que é importante para o processo de formação de clorofilas e citocromos. Na ausência desses componentes, a transferência de elétrons é prejudicada, a produção de energia cessa (Taiz et al., 2017), e a fotossíntese também pode ser comprometida, auxiliando o processo de clorose nas folhas. Segundo Camargos (2005), a acidez excessiva do solo pode afetar o desenvolvimento das plantas levando a uma queda na produção agrícola devido por exemplo a baixos teores de cálcio e magnésio no solo, maior presença de alumínio e manganês e menor atividade de micro-organismos benéficos para as plantas como as bactérias nitrificantes que se situam nas raízes.

Outro aspecto de grande importância que deve ser alertado aos alunos são as chuvas ácidas. Segundo Fornaro (2006), o termo “chuva ácida” surgiu pela primeira vez no século XIX e é definida como aquela que possui um valor de pH < 5. Já nessa época constatou-se que a composição química da precipitação era influenciada pela queima de carvão, decomposição de matéria orgânica, direção dos ventos, proximidade do mar, quantidade e frequência de chuva. Assim, segundo a autora, o incremento das populações urbanas e dos níveis de industrialização levou a necessidade de uma maior demanda energética, causando aumento da emissão de poluentes, sendo a combustão de óleos fósseis a principal fonte de poluentes na atmosfera urbana, como: dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO e NO₂, chamados NO_x), monóxido de carbono (CO) e material particulado em suspensão (Fornaro, 2006). Todos esses componentes, além do uso indiscriminado de fertilizantes no solo, culminam na formação da chuva ácida que é muito maléfica nos ecossistemas, destruindo lavouras e levando até mesmo a sérios problemas respiratórios na saúde humana.

No último tratamento, número 5, o estresse hídrico levou a planta de milho a desenvolver um aspecto murcho e ocorreu o ressecamento de toda a parte aérea (setas, Figura 2). Esses resultados são corroborados na literatura, pois segundo Taiz et al. (2017), o déficit hídrico pode levar efeitos primários na planta como redução do potencial hídrico e desidratação celular, além de outros efeitos secundários como a redução da expansão celular/foliar, diminuição das atividades celulares e

metabólicas, além por exemplo da inibição fotossintética e fechamento estomático. Esse último fenômeno, é uma adaptação as plantas a condições de estresse hídrico intenso. O estresse hídrico leva a um acúmulo de ácido abscísico (ABA) que é produzido nas raízes e nas folhas sendo transportado para as células guarda dos estômatos causando o fechamento estomático, reduzindo-se assim as trocas gasosas (transpiração) e inibindo a fotossíntese. (Nabors, 2012; Taiz et al., 2017). Nessa parte da aula, o professor pode abordar com os alunos a importância dos estômatos nas plantas, bem como sua estrutura morfológica (Figura 3a) e estrutura da anatomia foliar vegetal típica (Figura 3b).

Figura 3. Estômatos e Anatomia da estrutura foliar. a) Microscopia em campo claro com corante que evidencia a superfície foliar com estômatos e cloroplastos internamente nas células guarda. b) Corte transversal da anatomia da folha.



Fontes: a) Ermini, E. (2018), CC BY 4.0, via Wikimedia Commons. b) McKenna, H. (2007) CC BY-SA 2.5, via Wikimedia Commons.

Sendo localizado na parte abaxial das folhas nas plantas, os estômatos possuem diversas funções como: promover o resfriamento da folha; desencadear o transporte efetivo da seiva bruta (Tensão - Coesão ou Coesão - Tensão ou Hipótese de Jollie/Dixon); permitir a regulação das trocas gasosas, e regular a perda de água nas plantas. Assim, a abertura e o fechamento estomático pode ser de grande importância nas plantas, sendo controlado por diversos fatores como: estresse hídrico (falta de água promove o fechamento estomático); luminosidade (abertura); ausência de luz ocorre ausência fotossintética (fechamento estomático); presença de potássio (abertura) e ausência desse elemento promove o fechamento estomático. No último tratamento (estresse hídrico), deve ser ressaltado aos alunos a importância da água para a manutenção da vida nas plantas. Dos variados tipos de moléculas que circundam e estão alocadas dentro da célula, de longe a mais comum é a água (Raven, Evert & Eichhorn, 2001). Segundo Bresinsky et al. (2012), a água não é apenas o solvente universal das células vivas, essa molécula também serve como substrato no metabolismo, doando elétrons e íons hidrogênio para a fotossíntese, também possui função estrutural, e as plantas em fase de crescimento garantem grande parte do seu aumento em volume por conta dessa importante molécula.

4. Questões Propostas e Suas Soluções Esperadas

1. Descreva de maneira detalhada o que ocorreu em cada um dos tratamentos, formule as hipóteses para explicar os acontecimentos.

No tratamento número 1, o controle, nada ocorreu. A planta jovem de milho se desenvolveu bem, apresentando coloração verde intensa, emitindo brotação.

No tratamento 2, foi adicionado uma solução saturada de sal de cozinha (NaCl). Nesse tratamento, ocorreu o fator estresse salino. A planta ficou esbranquiçada em detrimento a grande absorção e acúmulo de sal nas suas células internas, afetando-se o processo fotossintético. A parte aérea da planta também apresentou um aspecto “murcho” em detrimento a queda do potencial osmótico pela grande presença de NaCl.

No tratamento 3 (fator de estresse por pH alcalino - NaOH) e tratamento 4 (fator de estresse por pH ácido - Vinagre), a planta adquiriu um aspecto murcho e amarelado. Variações bruscas de pH, tanto para níveis muito básicos ou ácidos, causam desnaturação das proteínas, levando a planta a um aspecto murcho. O amarelamento das folhas pode estar relacionado a baixa eficiência na absorção dos macro e micronutrientes, além de um déficit fotossintético.

Por fim, no tratamento 5, a planta de milho submetida a estresse hídrico, ficou seca e murcha. Essas características se devem pela ausência de água, que é de suma importância nos processos vitais da planta, além de levar a desidratação celular, e outros efeitos secundários como a redução da expansão celular/foliar, diminuição das atividades celulares e metabólicas, além por exemplo da inibição fotossintética e fechamento estomático (Taiz et al., 2017).

2. Na agricultura, a calagem é um processo de grande importância para correção de problemas inerentes ao pH do solo, em qual, ou quais tratamentos do experimento proposto, essa prática rotineira na agricultura se insere? Justifique sua resposta.

A calagem pode ser recomendada quando o solo está muito ácido corrigindo-se assim o pH do mesmo. No experimento, a calagem seria recomendada no tratamento número 4 (onde ocorreu adição de vinagre de cozinha, e acidez do meio). De outra maneira, solos muito alcalinos (tratamento número 3), pode ser corrigido por meio da adição de matéria orgânica, que ao serem decompostas irão liberar substâncias mais ácidas no solo, corrigindo-se assim a faixa de pH do mesmo.

3. No estresse salino (tratamento número 2), descreva como ocorre o processo de absorção de água e sais minerais pelas raízes. Esse processo é facilitado ou dificultado pela adição do sal de cozinha? Justifique sua resposta no que tange ao que foi aprendido nas aulas teóricas de Fisiologia Vegetal.

A absorção de água e sais minerais ocorre na raiz, mais precisamente pela zona pilífera, nos tricomas. A água penetra na raiz da planta pelo processo da osmose, e os sais minerais por difusão ou transporte ativo (dependendo de sua concentração no meio). Como no meio, existe a presença de grande concentração de sódio (estresse salino), deverá ocorrer um processo de transporte ativo para a entrada desse íon dentro da planta. Na raiz, a água e os sais minerais podem seguir duas rotas. 1 - rota simplástica: transporte de célula a célula em direção ao xilema e 2 - rota apoplástica: transporte intercelular até o xilema, chegando até a endoderme. Nessa estrutura, a seiva bruta é obrigatoriamente transportada pela rota simplástica nas estrias de caspary se adentrando no xilema, sendo transportada para o resto da planta.

O sal de cozinha irá dificultar a absorção de água e outros íons pelas raízes dessa planta, uma vez que por estar em um estresse salino (grande quantidade de sal), teremos redução no potencial osmótico e conseguinte absorção de água e outros sais minerais.

4. No tratamento de estresse hídrico, observamos que a planta pode sofrer grandes alterações fisiológicas. Cite um

mecanismo que a planta pode realizar para compensar a falta de água no ambiente.

Um mecanismo para compensar a falta de água no ambiente pode ser o fechamento estomático com o intuito de diminuir a perda de água pela transpiração estomática.

5. Imagine que você possui o tratamento número 6, uma planta de milho, em que foi adicionado 60 ml de água e uma grande quantidade de alumínio na forma de sulfato de alumínio $Al_2(SO_4)_3$. Discuta o que você espera que ocorra com essa planta submetida nessas condições por um período de 48 horas.

O excesso de alumínio pode levar a redução no crescimento e o desenvolvimento das raízes e diminui a absorção de nutrientes, o que é desfavorável para o desenvolvimento de plantas sensíveis a esse elemento (Miguel et al., 2010). Assim, em um prazo determinado de 48 horas, a planta de milho submetida a altas concentrações de alumínio poderá apresentar folhas amareladas pela indisponibilidade de nutrientes e ausência de crescimento.

5. Conclusões

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

Como perspectivas futuras, o docente poderá propor aos alunos outros experimentos práticos utilizando materiais simples e de baixo custo relacionados a outras áreas da Fisiologia Vegetal como por exemplo, a simulação do transporte de seiva xilemática nas plantas.

Referências

- Alcântara, R. M. C. M. (2021). *Cultivos. O que faz uma planta crescer sadia?* https://www.embrapa.br/contando-ciencia/cultivos/-/asset_publisher/SQBdWkKUGSON/content/os-alimentos-das-plantas/1355746?inheritRedirect=false#:~:text=Os%20macronutrientes%20mais%20import%20ant%20para,%20ferro%20%20zinco%20e%20mangan%C3%AAs.
- 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., Kerner, C., Kadereit, J. W., Neuhaus, G., & Sonnewald, U. (2012). *Tratado de Botânica de Strasburger*. (36a ed.), 1166p.
- Camargos, S. L. (2005). *Acidez do solo e calagem (Reação do Solo)*. https://www.ufjf.br/baccan/files/2019/04/Apostila_Capitulo_2_Acidez_Calagem.pdf
- Ermimi, E. (2018). *Fotomicroscopia óptica de um Estômato*. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Leaf_epithelium,_stomata_and_guard_cells.jpg
- Fornaro, A. (2006). Águas de chuva: conceitos e breve histórico. Há chuva ácida no Brasil? *Revista USP*, 70, 78-87. <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/13533/15351>
- 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). Ensinando Biologia em tempos de pandemia: um laboratório caseiro com materiais simples e de baixo custo para a simulação da digestão de proteínas. *Revista Educação Pública*, 21(5). 1-6. <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/5/ensinando-biologia-em-tempos-de-pandemia-um-laboratorio-caseiro-com-materiais-simples-e-de-baixo-custo-para-a-simulacao-da-digestao-de-proteinas>
- 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. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13479>
- Gonçalves, T. M. (2021d). 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>

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

Krasilchik, M. (2004). *Prática de Ensino de Biologia*. Edusp, São Paulo, 199p.

Mckena, H. (2007). *Figura ilustrativa de corte transversal de uma folha* https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatomia_da_folha.svg#/media/File:Anatomia_da_folha.svg

Miguel, P. S. B., Gomes, F. T., Rocha, W, S, D., Martins, C. E., Carvalho, C. A., & Oliveira, A. V. (2010). Efeitos tóxicos do alumínio no crescimento das plantas: mecanismos de tolerância, sintomas, efeitos fisiológicos, bioquímicos e controles genéticos. *CES Revista*. 24, 13-30. https://www.cesjf.br/revistas/cesrevista/edicoes/2010/01_BIOLOGIA_efeitodoaluminio.pdf

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.>

Raven, P. H., Evert, R. F., & Eichhorn, S. E. (2001). *Biologia vegetal*. (6a ed.), Guanabara Koogan, 906p.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia Vegetal*, (6a ed.), 858p.

Trivelato, S. F., & Silva, R. L. F. (2011). *Ensino de Ciências*. Cengage Learning, 135p.

Yara Brasil (2018). *Produtividade do milho*. <https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/produtividade-do-milho/#:~:text=O%20pH%20ideal%20est%C3%A1%20na,reduz%20o%20desenvolvimento%20das%20plantas.>