

Influência da chuva ácida na germinação de salsa e sorgo e no desenvolvimento e sobrevivência de *Potamopyrgus antipodarum*

Antony Costa e João Félix

12º ano da Escola Secundária de Odemira - Agrupamento de Escolas de Odemira

Ano letivo 2019-2020

Resumo

Estudou-se a influência da chuva ácida na germinação de sementes de salsa e sorgo e no desenvolvimento e sobrevivência de *Potamopyrgus antipodarum*. Os seres testados sujeitaram-se a meios com diferentes pH, de 6,5 a 3,5. Na germinação das sementes não foram encontradas diferenças significativas entre os lotes sujeitos a diferentes pH. O ensaio de crescimento das plântulas de salsa e sorgo não foi terminado; contudo, no tempo em que decorreu a experiência, não se observaram diferenças aparentes no desenvolvimento das plantas. O ensaio dos caracóis aquáticos não foi terminado devido ao término repentino das aulas pela pandemia COVID-19, pelo que não foi possível registar dados que levassem a uma conclusão.

Introdução

A chuva ácida descreve qualquer forma de precipitação que contenha altos níveis de ácido nítrico e sulfúrico, por exemplo, tendo um pH inferior a 5,6. Pode ocorrer sob a forma de neve, de nevoeiro e de chuva, que se depositam na Terra. A chuva ácida não é um ácido puro que cai do céu, mas as chuvas ou a humidade foram misturadas com elementos e gases, que fizeram com que a água se tornasse mais ácida do que o normal. A água pura tem um pH de 7 e, geralmente, a precipitação “normal” é um pouco mais ácida apresentando um pH até 5,6 (Nunez, 2019; USGS, s.d).

A acidez da chuva pode originar-se a partir de fatores naturais, como vegetação em decomposição ou ocorrência de erupções vulcânicas (libertação de gases, nomeadamente dióxido de carbono (CO₂)) (CCDRLVT, 2014).

A chuva ácida tem muitos efeitos ecológicos, especialmente em lagos, ribeiros, pântanos e outros ambientes aquáticos. A chuva ácida e o nevoeiro tornam essas águas mais ácidas, o que resulta em maior absorção de alumínio do solo, que é transportada para lagos e ribeiros. Essa combinação torna as águas tóxicas para lagostins,

amêijoas, peixes e outros animais aquáticos, que podem também provocar dificuldade na sua reprodução. Algumas espécies podem tolerar mais as águas ácidas do que outras, mas como ocorrem relações alimentares e outras, ao afetar uma espécie, afetam-se todas (Nunez, 2019).

Os depósitos de ácido roubam nutrientes essenciais ao solo, como o cálcio, e fazem com que o alumínio seja libertado do solo, o que dificulta a absorção de água pelas árvores, deixando as árvores e plantas menos saudáveis, mais vulneráveis a baixas temperaturas, insetos e doenças. Os poluentes também podem inibir a capacidade de reprodução das árvores (Nunez, 2019).

A maioria das chuvas ácidas ocorre a partir de atividades humanas, por exemplo das centrais elétricas, da energia a carvão, das fábricas e dos automóveis; não significando que as chuvas ácidas ocorram apenas nesses sítios de maior poluição, pois os ventos podem espalhar esses compostos ácidos pela atmosfera e por centenas de quilómetros (USGS, s.d).

As emissões de dióxido de enxofre (SO₂) e óxidos de nitrogénio (NO_x) são por exemplo resultantes da queima de combustíveis fósseis. Esses poluentes

do ar reagem com água, oxigênio e outras substâncias para formar ácido sulfúrico e nítrico no ar (Nunez, 2019; USGS, s.d; CCDRLVT, 2014).

A partir desses gases, o ácido sulfúrico no ar (H_2SO_4) e ácido nítrico (HNO_3) podem ser formados e dissolvidos no vapor de água no ar. As emissões de CO_2 dos veículos causam a formação de ácido carbônico (USGS, s.d).

Na Europa, onde os níveis de poluição são dez vezes maiores do que nos Estados Unidos, existe uma aceleração da deterioração feita nos edifícios e monumentos. Muitos edifícios e monumentos são feitos de pedra, e muitos edifícios usam pedra para guarnição decorativa, como por exemplo: o granito, a pedra calcária, o arenito, o mármore e o granito. Como estas pedras são compostas por minerais pouco resistentes à acidez, então é normal que em locais de maior poluição se encontre uma maior deterioração dessas rochas, umas mais resistentes do que outras, mas todas elas são corrosivas a ácidos com um pH de 5,0 ou 5,5 ou mesmo inferior a este (USGS, s.d). A precipitação ácida afeta a rocha principalmente de duas maneiras: a dissolução e a alteração. Quando os ácidos carbônico, sulfúrico e nítrico no ar poluído reagem com a calcite no mármore e no calcário, a calcite dissolve-se. Nas áreas expostas de edifícios e estátuas, vemos superfícies rugosas, resultantes da remoção de material e perda de detalhes esculpidos(USGS, s.d).

A única maneira de combater a chuva ácida é restringir a emissão de gases poluentes que a causam. Isso significa queimar menos combustíveis fósseis e estabelecer padrões de qualidade do ar (Nunez, 2019).

Os objetivos deste trabalho experimental são estudar a influência da chuva ácida:

- na germinação e no crescimento de duas espécies de sementes diferentes (salsa e sorgo)
- na sobrevivência e desenvolvimento de animais marinhos (caracóis aquáticos).

Colocámos as seguintes hipóteses:

- A acidez da chuva prejudica a taxa de germinação das sementes;
- A acidez da chuva prejudica o crescimento e desenvolvimento das plantas;

- A acidez da chuva dissolve o carbonato de cálcio da concha dos caracóis aquáticos.

Material e métodos

Experiência 1 - Germinação das sementes de salsa e sorgo

1. Selecionaram-se 180 sementes de salsa com as mesmas características (tamanho, cor, forma).
2. Dividiram-se as sementes em seis lotes de 30 sementes cada.
3. Demolharam-se as sementes durante 24 horas em água da torneira.
4. Prepararam-se 18 caixas de Petri com papel de filtro.
5. Humedeceu-se o papel de filtro com a água correspondente a cada lote (ver
6. Tabela I - pH da água utilizada no lote de controlo (lote 1) e lotes experimentais

Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6
pH de 6,5	pH de 5,5	pH de 5,0	pH de 4,5	pH de 4,0	pH de 3,5

7.).
8. Dividiu-se cada lote por três caixas de Petri de 10 sementes cada (3 réplicas por lote).
9. Observou-se o número de sementes germinadas duas vezes por semana: à terça e sexta, durante duas semanas.
10. Calculou-se a percentagem de sementes germinadas em cada lote em cada um dos dias de contagem.
11. Repetiu-se o procedimento anterior para as sementes de sorgo.

No lote número 1 (controlo) usou-se água com pH de 6,5. Nos lotes experimentais utilizou-se água com um pH de 5,5 até 3,5, variando sucessivamente o valor do pH em 0,5 (Tabela I). Estas soluções obtiveram-se juntando, gota a gota, ácido sulfúrico à solução usada no controlo até à obtenção do valor de pH pretendido. O pH foi medido usando um aparelho de bancada.

Tabela I - pH da água utilizada no lote de controlo (lote 1) e lotes experimentais

Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6
--------	--------	--------	--------	--------	--------

pH de 6,5	pH de 5,5	pH de 5,0	pH de 4,5	pH de 4,0	pH de 3,5
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

Experiência 2 - Crescimento das plantas de salsa e sorgo

1. Prepararam-se 36 vasos iguais com a mesma quantidade e tipo de terra.
2. Humedeceu-se a terra de cada vaso com a água correspondente a cada lote (ver
3. Tabela I - pH da água utilizada no lote de controlo (lote 1) e lotes experimentais

Lote 1	Lote 2	Lote 3	Lote 4	Lote 5	Lote 6
pH de 6,5	pH de 5,5	pH de 5,0	pH de 4,5	pH de 4,0	pH de 3,5

4.).
5. Plantaram-se em cada vaso as plântulas resultantes das sementes germinadas correspondentes a cada lote.
6. Colocaram-se os vasos numa sala com iluminação natural.
7. Borrifaram-se as plantas de cada vaso, usando a solução relativa a cada lote, duas vezes por semana durante 42 dias, de forma a manter o solo sempre húmido de um modo semelhante à queda de chuva.
8. Observou-se o crescimento das plantas e registaram-se diferenças que, por simples observação, fossem perceptíveis.
9. Repetiu-se o procedimento anterior para as sementes de sorgo.

Experiência 3 - Efeitos da chuva ácida em caracóis aquáticos (*Potamopyrgus antipodarum*)

1. Prepararam-se nove gobelés iguais com 100ml de água proveniente do canal de rega onde foram colhidos os caracóis aquáticos.
2. Em três gobelés (C - controlo) foi ajustado para o valor de pH para 6,5 usando ácido sulfúrico; noutros três gobelés (experimental E4,5) foi ajustado da mesma forma o pH para 4,5 e nos restantes três gobelés (experimental E3,5) o pH foi ajustado para 3,5.
3. Selecionaram-se 90 caracóis aquáticos da espécie *Potamopyrgus antipodarum*, com as mesmas características (tamanho e cor).
4. Dividiram-se os animais em 9 lotes de 10 caracóis cada, que se distribuíram pelos nove gobelés.
5. Colocaram-se os gobelés numa sala climatizada a 20°C com fotoperíodo de 16 horas de luz para 8 de escuro.
6. Observou-se a sobrevivência, o nível de atividade/inatividade e o peso inicial e final dos animais duas vezes por semana: à terça e sexta. Esta experiência deveria ter decorrido durante quatro semanas; contudo, devido à pandemia COVID-19 foi interrompida ao fim de uma semana.
7. Calculou-se a percentagem de animais que sobreviveram em cada lote, em cada um dos dias de contagem.
8. Os caracóis aquáticos mortos durante a experiência foram rejeitados.

Resultados

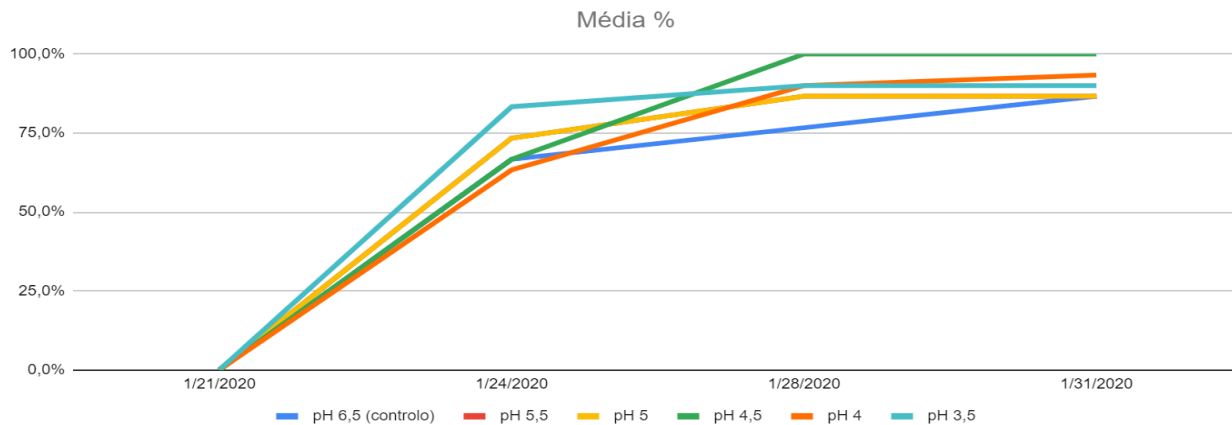
Experiência 1 - Germinação das sementes de salsa e sorgo

Os resultados médios da germinação da salsa em cada lote encontram-se sistematizados na Tabela II e

Figura 1.

Tabela II - Resultados médios dos testes de germinação da salsa (média da taxa de germinação para cada lote)

	pH 6,5 (C)	pH 5,5	pH 5	pH 4,5	pH 4	pH 3,5
21/1/2020	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
24/1/2020	66,7%	73,3%	73,3%	66,7%	63,3%	83,3%
28/1/2020	76,7%	86,7%	86,7%	100,0%	90,0%	90,0%



31/1/2020	86,7%	86,7%	86,7%	100,0%	93,3%	90,0%
-----------	-------	-------	-------	--------	-------	-------

Figura 1 - Resultados médios dos testes de germinação da salsa

A experiência iniciou no dia 17 de janeiro e as sementes de salsa levaram sete dias a dar início à germinação. Dia 24 observou-se uma taxa média de germinação acima de 63,3% para todos os lotes. No dia 28 observou-se uma média acima de 76,7% e no dia 31 observou-se uma média acima de 86,7% para todos os lotes.

comprovou que não há diferença estatisticamente significativa entre os diferentes tratamentos ($P = 0,372$).

Os resultados médios da germinação do sorgo em cada lote encontram-se sistematizados na Tabela III e Figura 2.

Fez-se uma análise estatística aos resultados do dia 31/01 (One Way Analysis of Variance) que

Tabela III - Resultados médios dos testes de germinação do sorgo (média da taxa de germinação para cada lote)

	pH 6,5 (C)	pH 5,5	pH 5	pH 4,5	pH 4	pH 3,5
21/01/2020	50,0%	40,0%	50,0%	50,0%	66,7%	53,3%
24/01/2020	63,3%	46,7%	53,3%	70,0%	70,0%	63,3%
28/01/2020	70,0%	76,7%	73,3%	76,7%	80,0%	70,0%
31/01/2020	73,3%	70,0%	66,7%	76,7%	80,0%	70,0%

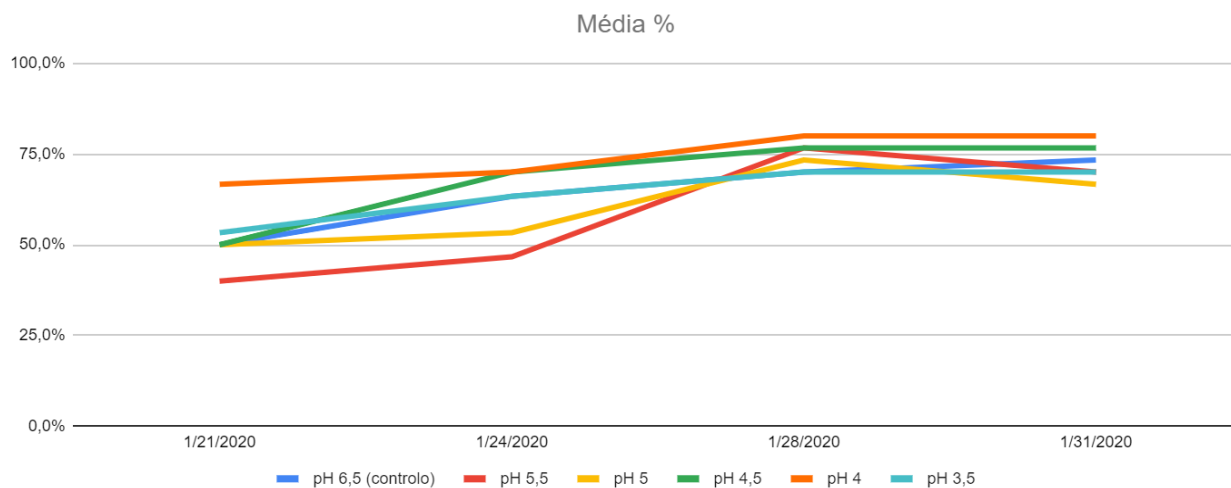


Figura 2 - Resultados médios dos testes de germinação do sorgo

A experiência iniciou no dia 17 de janeiro. Dia 21 observou-se uma taxa média de germinação acima de 40,0% para todos os lotes. No dia 24 observou-se uma média acima de 46,7% para todos os lotes. No dia 28 observou-se uma média acima de 70,0% para todos os lotes e no dia 31 observou-se uma média acima de 66,7% para todos os lotes.

Fez-se uma análise estatística aos resultados do dia 31/01 (One Way Analysis of Variance) que comprovou que não há diferença estatisticamente significativa entre os diferentes tratamentos ($P = 0,619$).

Experiência 2 - Crescimento das plantas de salsa e sorgo

As plantas foram crescendo sem diferenças perceptíveis durante as primeiras quatro semanas. A partir da 5ª semana notou-se uma diferença nos lotes de 3,5 de pH. Tanto na salsa como no sorgo ocorreu um menor crescimento em relação ao

controle, enquanto que os lotes de pH 4 e 4,5 tiveram um maior crescimento aparente em relação ao controle.

Não foi possível concluir a experiência, nomeadamente pesando as plantas dos lotes para quantificar o crescimento, devido ao término repentino das aulas pela pandemia COVID-19.

Experiência 3 - Efeitos da chuva ácida em caracóis aquáticos (*Potamopyrgus antipodarum*)

Os resultados médios da massa dos caracóis aquáticos em cada lote encontram-se sistematizados na Tabela IV e Figura 3. Os resultados médios do número de caracóis sobreviventes encontram-se sistematizados na Tabela V.

Tabela IV - Média da massa dos caracóis aquáticos

	pH 6,5 (c)	pH 4,5	pH 3,5
10/03/2020	0,0691	0,0768	0,0730
13/03/2020	0,0663	0,0734	0,0686
17/03/2020	0,0677	0,0743	0,0675

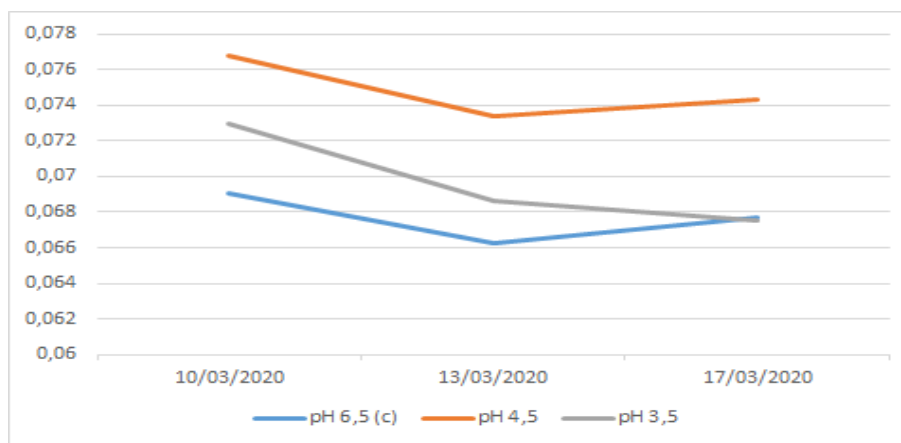


Figura 3 - Média da massa dos caracóis aquáticos

Tabela V - Média do número de caracóis aquáticos vivos nas três réplicas de cada lote experimental

	pH 6,5 (c)	pH 4,5	pH 3,5
10/03/2020	10	10	10
13/03/2020	10	10	10
17/03/2020	10	10	9,3

A experiência iniciou dia 10 de março. Dia 13 observou-se uma diminuição da média da massa de todos os lotes. Contudo, esta diferença é de apenas poucas centésimas de grama, o que se considera dentro dos erros experimentais. De facto, antes da pesagem dos animais é necessário secá-los passando-os por papel filtro; basta que um pouco de água se acumule na abertura das conchas para causar esse nível de diferença no peso. No dia 17 verificou-se um aumento da massa para os lotes de pH 6,5 e 4,5, o lote de pH 3,5 verificou-se uma diminuição média da massa; contudo, mas uma vez dentro dos valores considerados dentro do intervalo de erro experimental. A sobrevivência dos caracóis aquáticos manteve uma média de 10 para os lotes de pH 6,5 e 4,5, para o pH 3,5 houve uma diminuição na média de sobrevivência de 10 para 9,3 caracóis aquáticos vivos no dia 17. Não foi possível concluir a experiência que deveria decorrer durante 4 semanas, mas devido à pandemia COVID-19 foi interrompida ao fim de uma semana.

Fez-se uma análise estatística entre a massa média dos caracóis aquáticos de pH 3,5 do dia 10/03 e do dia 17/03 (One Way Analysis of Variance) que comprovou que não há diferença

estatisticamente significativa entre os diferentes tratamentos ($P = 0,762$).

Discussão de resultados

Experiência 1 - Germinação das sementes de salsa e sorgo

Os resultados mostram que ocorreu uma elevada taxa de germinação em todos os ensaios ou lotes, o que contraria a nossa hipótese. O facto de as sementes em meios ácidos não só terem registado uma boa taxa de germinação, mas até terem conseguido melhores valores (germinação mais rápida ou melhores taxa de germinação) pode ter as seguintes explicações: o pH mais ácido pode ter beneficiado na quebra da dormência das sementes, uma vez que, na natureza, a digestão de algumas espécies frugívoras pode influenciar a capacidade germinativa das sementes ou modificar a duração da dormência das mesmas, levando ao desfasamento (diferença de dias ou semanas) entre a germinação das sementes digeridas e não digeridas. Assim, submeter as sementes a um meio ácido pode ter simulado as condições existentes no sistema digestivo dos animais e ter favorecido a germinação das sementes. Outro fator que pode ter contribuído para a germinação e desenvolvimento das sementes é o meio ácido ter eliminado seres prejudiciais à germinação (bactérias e/ou fungos) uma vez que o ácido sulfúrico usado para acidificar a água também é utilizado como desinfetante industrial, o que prova o seu efeito germicida. Assim, podemos admitir que mergulhar as sementes em ácido sulfúrico removeu bactérias e fungos prejudiciais à germinação e desenvolvimento das sementes.

Experiência 2 - Crescimento das plantas de salsa e sorgo

Os resultados obtidos mostram que durante o período em que decorreu a experiência não houve diferenças aparentes no crescimento das plantas. Contudo, foi possível observar um maior desenvolvimento nos lotes de pH 4 e 4,5 e um menor desenvolvimento dos lotes de pH 3,5 em comparação aos lotes de controlo para ambas as espécies. Não foi possível concluir a experiência, nomeadamente pesar as plantas para quantificar o crescimento, devido ao término repentino das aulas pela pandemia COVID-19

Experiência 3 - Efeitos da chuva ácida em caracóis aquáticos (*Potamopyrgus antipodarum*)

Não foi possível obter resultados conclusivos para a experiência devido ao término repentino das aulas pela pandemia COVID-19.

Conclusão

Concluiu-se que a chuva ácida não influenciou significativamente a germinação das sementes de salsa e de sorgo, embora o meio ácido tenha encurtado, em alguns lotes, o tempo de início da germinação. No crescimento a longo prazo observou-se que a chuva ácida com pH 4 e 4,5 beneficiou o crescimento das plantas de salsa e sorgo; pelo contrário o pH 3,5 prejudicou o crescimento das plantas de salsa e sorgo. Não foi possível obter uma conclusão para a experiência dos caracóis aquáticos da espécie *Potamopyrgus antipodarum* devido ao término repentino das aulas pela pandemia COVID-19.

Referências

CCDRLVT. (24 de fevereiro de 2014). *O Ar e os Poluentes Atmosféricos*. Obtido em 12 de dezembro de 2019, de CCDRLVT: <http://www.ccdr-lvt.pt/pt/o-ar-e-os-poluentes-atmosfericos/8082.htm#E3>

Figueiredo, F. F. (2013). Desinfecção de alfaces por ação do cloro e do vinagre e desenvolvimento de um sistema de segurança para alface em estabelecimentos de restauração coletiva. Universidade Técnica de Lisboa: Faculdade de Medicina Veterinária.

Nunez, C. (28 de fevereiro de 2019). *Acid rain, explained*. Obtido em 12 de dezembro de 2019, de Nationa Ggeographic: <https://www.nationalgeographic.com/environment/global-warming/acid-rain/>

Pereira, L. J. (2014). Potencial de dispersão de sementes por mamíferos carnívoros e a sua contribuição para a gestão de ecossistemas. Universidade de Aveiro: Departamento de Biologia.

USGS. (s.d). *Acid Rain and Water*. Obtido em 12 de dezembro de 2019, de USGS - Science for a changing world: https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/acid-rain-and-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects