

# A energia que vem de dentro: Sementes, da formação à conservação

Camila R. Alonso; Claudio J. Barbedo

## 1. A importância das Sementes

As sementes foram o primeiro elo entre a humanidade e a produção de plantas, na medida em que os humanos pré-históricos reconheceram essa estrutura como sendo importante para sua alimentação. Além disso, o homem logo descobriu que essas estruturas tinham o poder de germinação, e de dar origem a uma nova planta. Desde então, as sementes são utilizadas como fonte de carboidratos, proteínas e vitaminas, auxiliando no desenvolvimento das civilizações.

As sementes estão no planeta Terra há muito tempo. Elas apareceram pela primeira vez há mais de 350 milhões de anos, na parte final do período Devoniano (era paleozoica), e conferiram um importante passo evolutivo para o Reino Vegetal: deixaram de se reproduzir por esporos e surgiram plantas superiores, sendo fonte de alimentos tanto para humanos, como para outros organismos.

O grande sucesso da semente como órgão de perpetuação e de disseminação das espécies vegetais deve se, provavelmente, a duas características que, reunidas a formam como um órgão impar no Reino Vegetal, são elas: a capacidade de distribuir a germinação no tempo (pelos mecanismos de dormência) e no espaço (pelos mecanismos de dispersão, tais como: espinhos, pelos, asas, etc.).

O mecanismo da dormência impede que as sementes germinem todas ao mesmo tempo após a maturação, evitando, assim, a possível destruição da espécie, caso ocorra alguma calamidade climática após a germinação. Pode-se considerar, um mecanismo pelo qual a semente busca germinar só quando 'percebe' que as condições climáticas vão ser favoráveis não só para a germinação, mas também para as fases subsequentes de crescimento da plântula/planta. Já os mecanismos de dispersão das sementes poderiam ser encarados como os meios pelos quais a espécie vegetal tenta se estabelecer no ambiente e propagar.

Mediante esses recursos, a espécie vegetal 'tenta fugir' do local em que se formou e "arrisca a vida" em outros locais. Essa capacidade de distribuição aleatória da germinação no espaço, conferida pelos mecanismos de dispersão, seria o fator fundamental da heterogeneidade das populações vegetais. Essa heterogeneidade, por sua vez, teria sido o fator mais importante

na manutenção e na expansão dos vegetais sobre o planeta Terra. Estas características unidas, as espécies produtoras de sementes dominaram por completo o Reino Vegetal.

O homem, provavelmente, sempre se alimentou de grãos, ao lado dos alimentos de origem animal. Mas, durante milhares e milhares de anos de sua existência, ele não conseguia se aperceber da relação existente entre uma semente e a respectiva planta, de sorte que sua principal fonte de alimentos era a caça que conseguia apanhar. E como os animais se movem constantemente, impulsionados pelas variações estacionais, o homem levava uma vida totalmente nômade, deslocando-se sempre atrás da caça.

Em determinada época, que se supõe ter ocorrido há mais ou menos 10.000 anos, a relação semente-planta semente foi compreendida pelo homem, e isso provocou profunda modificação em sua vida: uma semente posta no solo dava origem a uma planta, que a multiplicava diversas vezes. Como as plantas não andam e como há necessidade de se ficar por perto, a fim de protegê-las contra inimigos naturais (animais, plantas daninhas, etc.), o homem foi forçado a modificar profundamente seus hábitos, passando da vida nômade para a sedentária.

Os homens começaram a se agrupar em comunidades que cresciam rapidamente, a vida em comunidade exige, porém, uma organização social, econômica e política. Foi o que aconteceu, originando-se todas as diferentes civilizações de que se tem conhecimento. Pode-se, então, dizer que a semente é a “pedra fundamental” da civilização.

Uma semente qualquer possui três tipos básicos de tecidos, um tecido meristemático, que, em tecnologia de sementes, convencionou-se chamar de "eixo embrionário", isto é, aquele que, sob condições propícias para germinação, dará origem à planta, um de reserva, que pode ser cotiledonar, endospermático ou perispermático, ou ainda resultante da associação deles ou dos três, e, finalmente, um tecido de mecânica, que se constitui no envoltório conhecido como casca ou testa. O tecido de reserva caracteriza-se por ser rico em três substâncias: carboidratos, lipídios e proteínas. Normalmente, uma dessas três substâncias predomina sobre as outras resultando nas sementes amiláceas, oleaginosas e proteicas. Das três substâncias mencionadas, o amido é a de mais fácil obtenção para a confecção de diversos tipos de alimentos. Dessa maneira, as gramíneas, normalmente ricas em carboidratos, constituíram-se na base alimentar de todas as civilizações do mundo.

## **2. Fisiologia da Semente**

### **a. Formação da semente**

O processo de formação das sementes, compreende uma série ordenada de alterações morfofisiológicas, controladas geneticamente que, de forma simplificada, inicia-se com a fecundação até que as sementes se formem e tornem-se independentes da planta-mãe. A fecundação é a união de um gameta masculino com um gameta feminino, porém é necessário que ocorra o desenvolvimento dessas estruturas através de outros processos denominados microesporogênese ou formação do gametófito masculino e megagametogênese ou formação do gametófito feminino.

#### **b. Fecundação e embriogênese**

Após a polinização, uma das células do grão de pólen produz o tubo polínico, que cresce através do estilete em direção ao óvulo, especificamente até a micrópila. Ao atingir o saco embrionário, o tubo (gametófito masculino) induz a outra célula do grão de pólen (célula geradora) a originar os dois núcleos espermáticos, um deles fecundará a oosfera, originando um zigoto diploide ( $2n$ ) e o outro se unirá aos 2 núcleos polares, originando o endosperma triploide ( $3n$ ), um tecido de reserva para o embrião. A célula diploide (zigoto) passará por mitoses sucessivas, originando a nova geração esporofítica, dando início a embriogênese. Esse processo inicial é basicamente semelhante em todas as plantas com sementes (fanerógamas).

Após a fecundação, o ovário transforma-se em fruto e os óvulos, no seu interior, em sementes. O fruto apresenta uma parede pericarpo, formada por três regiões, derivadas de dois tegumentos e do tecido mediano do ovário: epicarpo, mesocarpo (parte comestível, pelo acúmulo de reserva nutritiva) e endocarpo. A semente é formada pelo tegumento, proveniente das paredes do óvulo, e é constituída de embrião e endosperma. Além deste, o embrião possui folhas especiais chamadas cotilédones com função de armazenar nutrientes ou transferi-los do endosperma para o embrião.

#### **c. Desenvolvimento da semente**

Nos primeiros estágios de desenvolvimento, os embriões das eudicotiledôneas e monocotiledôneas passam por uma sequência de divisões celulares semelhantes, sendo que ambos se transformam em corpos esféricos. Posteriormente, iniciam as diferenciações, pois enquanto o embrião das dicotiledôneas desenvolve dois cotilédones em posição lateral

(tornando-se aproximadamente cordiforme), o embrião das monocotiledóneas permanece cilíndrico, formando um cotilédone apenas. Assim, o meristema apical caulinar em dicotiledóneas encontra-se entre os dois cotilédones, enquanto que nas monocotiledóneas ocupa uma posição aparentemente apical. Os envoltórios da semente desenvolvem-se a partir dos integumentos do óvulo, podendo apresentar até dois integumentos, que vão originar sementes com dois tegumentos, denominados testa (tegumento externo) e tégmen (tegumento interno), ou quando unitegmentados apresentam apenas um tegumento, a testa. A presença dos meristemas apicais confere o crescimento da futura planta, a partir do embrião, estes meristemas aparecem nos dois polos do eixo embrionário: polo proximal (radicular) e o polo distal (apical) do caule. O meristema apical do caule nas dicotiledóneas pode ser visto como um resíduo de tecido embrionário, entre os dois cotilédones.

Algumas vezes, uma gema apical pequena com um eixo de entrenós bem curtos, com um ou mais primórdios foliares, desenvolve-se a partir deste meristema, conjunto este que comumente é chamado de plúmula. A porção desta gema é denominada epicótilo. A porção do eixo do embrião, entre o ápice da raiz e os cotilédones, recebe a denominação de hipocótilo.

Em algumas plantas, a extremidade inferior do eixo do embrião apresenta características nítidas de raiz sendo denominada radícula. Quando não é possível distinguir nenhuma radícula no embrião, o eixo abaixo dos cotilédones é denominado eixo hipocótilo-radicular e mesmo que o meristema apical da raiz embrionária ainda não tenha assumido a mesma organização celular da raiz em crescimento, a coifa já está presente. Em algumas espécies, podem ser vistos primórdios de raízes adventícias no hipocótilo do embrião.

As mudanças morfológicas e fisiológicas das sementes como cor, tamanho, teor de água, conteúdo da massa seca, germinação e vigor da semente, além de transformações bioquímicas, são indicadores que permitem inferir sobre o estágio de maturação de frutos e sementes, fornecendo uma estimativa da época adequada para sua colheita. Essas alterações influenciarão as características da semente dispersa, ou colhida, e poderão condicionar diversas aptidões dessas sementes, como germinar ou não sob condições desfavoráveis, conservar sua viabilidade em armazenamento por períodos prolongados, germinar rapidamente e uniformemente, entre outras.

O padrão de desenvolvimento das sementes é caracterizado pelo rápido aumento em tamanho, inicialmente devido a divisão celular, com elevado teor de água, seguido pelo acréscimo do conteúdo de massa seca. A deposição de reservas intensifica-se, levando à

expansão das células. A seguir, a semente adquire capacidade de germinar e de formar plântulas normais.

Ao final do processo, quando o máximo de vigor é atingido, a semente inicia uma rápida perda de água, chegando a valores inferiores a 30% e, dependendo da espécie, a 10% ou menos. Há um grupo que não passa por essa grande redução no teor de água ao final da maturação, são as sementes recalcitrantes, são intolerantes à dessecação e o momento da dispersão não equipara com a secagem natural, apresentando alto teor de água, sem redução das atividades metabólicas, estando prontas para germinar quando as condições ambientais forem favoráveis.

#### **d. Germinação**

Dentre os vários conceitos emitidos sobre o processo de germinação, são destacados os seguintes:

Germinação é uma sequência de eventos morfológicos e genéticos que resultam na transformação do embrião em plântula. Todo esse processo é dependente de uma série complexa de transformações físicas e químicas interligadas;

Germinação pode ser considerada como uma sucessão de etapas que determina, em uma semente quiescente e com baixo teor de água, a retomada de atividades metabólicas e o início da formação de uma plântula, a partir do crescimento do embrião;

Germinação compreende uma série de processos que transformam a semente, de uma entidade relativamente inerte, em outra ativa, em crescimento. Morfológicamente, a germinação é a transformação do embrião em plântula, enquanto sob o ponto de vista fisiológico, a germinação consiste na retomada do metabolismo e do crescimento, que estavam reduzidos ou suspensos após a maturidade, e o reinício da transcrição do genoma. Bioquimicamente, a germinação refere-se à diferenciação sequencial dos caminhos oxidativos e de síntese e à retomada de uma série de processos bioquímicos característicos do crescimento vegetativo e do desenvolvimento;

Germinação compreende uma sequência ordenada de eventos metabólicos, que resulta no reinício do desenvolvimento do embrião, originando uma plântula;

Germinação de uma semente é a reativação do crescimento do embrião, resultando na ruptura da cobertura da semente e na emergência da plântula. Um termo mais adequado para caracterizar a germinação sob o ponto de vista da tecnologia de sementes, seria emergência

da plântula ou estabelecimento da plântula. Os processos que estão ocorrendo no desenvolvimento inicial da plântula, como a intensa mobilização das principais reservas também não devem fazer parte da conceituação de germinação, pois são eventos pós-germinação.

Assim, a germinação da semente, do ponto de vista fisiológico, é definida como o evento que se inicia com a embebição de água pela semente e é finalizada quando a radícula, alonga-se e atravessa as estruturas que o circundam. Portanto, são os eventos que ocorrem desde a embebição da água, pela semente, até a protrusão da radícula.

Para o tecnólogo de sementes, a germinação é definida como sendo o momento em que ocorre a formação de uma plântula normal, ou seja, quando as estruturas essenciais de uma plântula estão presentes (raiz primária, hipocótilo, cotilédones, epicótilo e plúmula). Como a germinação *stricto sensu* não inclui o crescimento da plântula, que tem início quando a germinação se encerra, a equiparação entre a germinação e a emergência da plântula em solo é incorreta.

#### **e. Processos metabólicos**

A germinação é um processo biológico que consome energia. A energia utilizada na germinação é proveniente da degradação de substâncias de reservas da própria semente, utilizando o oxigênio para degradar esses produtos. A semente ortodoxa madura apresenta um baixo teor de água (10 a 20%), e os seus tecidos, uma baixa atividade metabólica, se estiver viável e não apresentar dormência, uma vez colocada em condições favoráveis de temperatura e na presença de oxigênio e água (às vezes, luz), germinará. O embrião reiniciará as suas atividades, e o eixo embrionário, o seu crescimento, originando então uma plântula. O processo de germinação inicia-se com uma rápida absorção de água pelos tecidos superficiais da semente, ocorrendo a embebição e uma expansão do tegumento envolvente. A força inicial de embebição por parte da semente seca pode ser bastante grande (50, 65 -101,30 MPa) e envolve uma união da água às moléculas orgânicas. Nesta fase inicial é que se observa a liberação de uma pequena quantidade de calor, já referida antes.

Com o progresso da hidratação das células, a força osmótica passa a atuar, e a força de absorção de água torna-se um pouco menor (da ordem de -1,01 a -3,03 MPa). O potencial para absorver água é o potencial matricial, que absorve a água para dentro da semente, portanto, este processo é físico, dessa maneira, ocorre independente da semente estar viável ou dormente.

A penetração da água no interior dos tecidos de reserva é feita da periferia para o interior, pelas células epidérmicas e vasculares dos cotilédones das sementes. Durante a embebição, a água é provavelmente primeiro absorvida pelas organelas das células metabolicamente ativas, o citosol e as membranas das organelas de armazenamento, considerando que os grânulos de amido, as reservas de proteína e os óleos são todos insolúveis em água.

Esta fase de hidratação coincide com um aumento na atividade metabólica, que, em geral, é primeiramente observado na região da radícula do embrião. Este aumento na atividade metabólica é observado pelo aumento na taxa de respiração. A respiração envolve a oxidação de matérias orgânicas na semente, com a formação de energia (ATP – trifosfato de adenosina) e a formação de substâncias intermediárias necessárias aos processos anabólicos da germinação.

No início da germinação, a respiração tende a ser anaeróbica, devido à limitada penetração de oxigênio no interior da semente. Com a absorção de água, as células do eixo embrionário tornam-se ativas, expandem-se e iniciam o seu crescimento antes da ruptura do tegumento, ou mesmo antes de as principais substâncias de reserva serem mobilizadas.

As substâncias de reserva, armazenadas no cotilédone, no endosperma e menos frequentemente no perisperma, encontram-se principalmente em forma insolúvel, como os polissacarídeos, os lipídeos e as proteínas. A utilização dessas substâncias, para promover o crescimento dos tecidos do eixo embrionário, está na dependência de sua conversão em compostos solúveis e do transporte destes para as regiões de crescimento.

A embebição durante a germinação segue um padrão trifásico, porém, diversos trabalhos mostram que nem sempre o padrão trifásico foi observado, assim, para as sementes que seguem o padrão trifásico podemos descrever desta forma: fase I, inicia-se com uma rápida embebição, influenciada pelo potencial matricial que apresenta muito baixo na semente seca. Fase II, uma fase mais longa que a fase I, em que se observa uma estabilização, pois a entrada de água na semente é reduzida, devido as células estarem totalmente turgidas. A água que escoa para fora da célula é igual à água que adentra na célula. A embebição é retomada somente após a protrusão radicular, que ocorre na fase III, essa retomada da embebição de água é auxiliada pelo crescimento e alongamento celular, após a germinação observa-se com mais intensidade, a ocorrência de outros eventos como, duplicação do DNA, aumento de proteínas do ciclo celular, e a degradação de reservas (proteínas, amido e lipídios). Com o decorrer da maturação, as sementes vão adquirindo capacidade em germinar, tolerância à dessecação e aumentando o vigor até se desligarem da planta-mãe. A tolerância à dessecação contribui para a dispersão de sementes e permite que uma espécie

sobreviva durante os períodos desfavoráveis para o crescimento da planta. Muitas sementes também exibem mecanismos de dispersão relacionados à dessecação de tecidos, como os que ejetam as sementes do fruto ao se completar a secagem natural, existem também mecanismos que permitem que as sementes sejam carregadas pelo vento ou pelos animais.

#### **f. Dispersão de sementes**

Consideramos dispersão o processo de movimentação, propagação e ou transporte de sementes para longe da planta-mãe. Os agentes de dispersão podem ser classificados em abióticos (vento, água, peso) e bióticos (mamíferos, aves, répteis, peixes, formigas). Existem diversas síndromes de dispersão, frequentemente associadas a pelo menos um determinado agente dispersor:

Anemocórica é o tipo de dispersão que utiliza as correntes de ar para transporte de sementes leves e que apresentam adaptações morfológicas para diminuir o seu peso específico;

Balística esta dispersão está ligada a abertura de valvas dos propágulos ou sementes, que ao se romperem, expõem as sementes para longe da planta-mãe;

Barocoria, caracteriza-se pela separação do diásporo da planta-mãe por ação do seu peso. Está representado por aquelas plantas que possuem frutos pesados que, normalmente, caem junto da planta-mãe, e ali as sementes germinam;

Hidrocoria, as sementes são dispersas pelo deslocamento da água da chuva, nos rios, em enchentes e correntes marítimas, possuem estruturas adaptadas à dispersão pela água, como câmaras de retenção de ar ou camadas de células especializadas para isso;

Zoocoria é o tipo de dispersão feita por animais podendo ser dividida em epizoocoria e endozoocoria. A primeira compreende plantas produtoras de frutos e sementes com mecanismos especiais como ganchos, pelos ou substâncias pegajosas que se prendem ao pelo do animal para serem transportados.

Na endozoocoria, está representada por espécies que produzem diásporos com algum atrativo de consumo, como arilo ou polpa carnosa, por exemplo, cores vistosas, outras espécies produzem diásporos com cheiro forte. Todas essas estratégias servem para atrair animais que ingerem frutos e sementes e as transportam para locais distantes da planta-mãe.

#### **g. Principais reservas e hormônios**

No início do século XXI, houve um acúmulo de evidências em favor da hipótese de que os níveis endógenos de açúcares são importantes controladores do metabolismo vegetal, determinando se o sistema deve ser encaminhado para o acúmulo ou para a degradação de reservas. A presença de grandes quantidades de sacarose geralmente indica que há alguma fonte de energia importante em ação na planta, e isso é "interpretado" pelo metabolismo como um sinal para acumular reservas. Dependendo do composto de reserva que predomina, as sementes podem ser consideradas como amiláceas, oleaginosas e proteicas. No caso das amiláceas, a reserva que predomina é o amido. Espécies como o milho, o trigo, o arroz e as gramíneas têm o amido como principal reserva. Em espécies oleaginosas, a reserva que predomina são os lipídios. O dendê, o amendoim e o pequi são exemplos de espécies que apresentam os lipídios como a principal fonte de reserva. As espécies chamadas de proteicas tem as proteínas como a principal reserva. Os hormônios, auxinas, giberelinas, citocininas e ácido abscísico, também são encontrados nas sementes, as auxinas estão disponíveis nas sementes como ácido indol acético (AIA) e contribuem para o crescimento inicial da plântula.

As giberelinas são importantes na quebra de dormência das gemas e na germinação de sementes. As citocininas, atuam nas fases de intenso crescimento de tecidos e no controle do crescimento da semente. O ácido abscísico (ABA) é responsável pelo controle do crescimento do eixo embrionário, impedindo, pela dormência, a germinação precoce na planta-mãe (viviparidade). Existem ainda compostos inibidores da germinação, tal como a cumarina, presente, por exemplo, em sementes de copaíba. Além disso, fitinas, que são uma mistura insolúvel de sais de potássio, magnésio e cálcio, são também importantes fontes de fosfato e minerais para a semente.

### **3. Dormência**

A dormência pode ser interpretada como uma falha de uma semente intacta e viável em germinar sob condições aparentemente favoráveis à germinação, também foi definida como uma condição negativa, ou seja, mesmo sob condições ambientais favoráveis ou normalmente adequadas, a germinação não ocorre. Assim, a dormência de sementes pode ser entendida como um fenômeno que determina a ausência momentânea ou a lenta da germinação de sementes viáveis, apesar da existência de condições ambientais favoráveis ao processo.

Outra definição para dormência foi descrita que impede a germinação, mas é uma adaptação para a sobrevivência das espécies a longo prazo, pois geralmente faz com que as sementes se mantenham viáveis por maior período de tempo, sendo quebrada em situações especiais.

Para agricultores e produtores, a dormência tanto pode servir para manter as sementes por longos períodos, como pode ser um empecilho à germinação, impedindo-a ou tornando-a irregular e, como consequências, dificultando a produção de mudas.

A dormência de sementes pode ser causada por substâncias inibidoras, (sendo o ácido abscísico, comumente relatado), por resistência mecânica dos tecidos externos ao embrião, pela imaturidade do embrião ou pela dormência do próprio embrião e há sementes que apresentam combinações de dois ou mais destes fatores.

Pode ser também considerada tegumentar ou exógena e embrionária ou endógena, podendo ocorrer independentemente uma da outra ou simultaneamente na mesma semente, neste caso chamada de dupla dormência. A dormência exógena é devida à impermeabilidade do tegumento à água ou gases e a endógena pode ser devido à imaturidade do embrião ou à inibição fisiológica que o impeça de se desenvolver. Há espécies que desenvolvem mecanismos complexos, nos quais cada uma das partes do eixo embrionário da semente apresenta uma diferente intensidade de dormência, em alguns casos, a radícula se desenvolve e o epicótilo não, ao que se denomina de dormência epicotelial, em outras, a radícula apresenta alguma dormência, porém menos intensa que a do epicótilo, representando um caso especial de dormência dupla.

São reconhecidas duas modalidades de sementes: primária, equivalente à dormência inata e secundária, relacionada à induzida. A dormência primária instala-se durante a 3 fase de desenvolvimento e/ou maturação, de modo que a semente é dispersa da planta-mãe já em estado dormente, exigindo, portanto, tratamentos ou condições específicas para se tornar quiescente. A estratificação - exposição da semente hidratada a temperaturas baixas ou altas - é um exemplo de tratamento requerido por algumas sementes com dormência primária, como *Ilex paraguariensis* (erva-mate) e *Acer* spp.

Após a dispersão, a dormência primária pode diminuir de intensidade em um processo conhecido como pós-maturação. Em geral, o termo pós-maturação é aplicado a sementes "secas" (com até cerca de 20% de água), sendo uma função das condições ambientais, do regime de temperatura, do teor de água na semente e do tempo, outros autores fazem uma distinção entre esse tipo de pós-maturação ("a seco") e aquele que ocorre em sementes hidratadas (estratificação). Exemplos de pós-maturação a seco são comuns em diversas

gramíneas tropicais, tais como capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*), cuja dormência é menor em sementes armazenadas do que em recém-colhidas.

A expressão "dormência secundária" é preferível à "dormência induzida", considerando que a dormência primária também pode ser induzida. A dormência secundária instala-se em uma semente quiescente, após a dispersão, seja quando esta encontra um ambiente desfavorável ou estressante para a germinação, principalmente quanto aos fatores água, temperatura, luz e oxigênio. Sementes de *Xanthium strumarium*, por exemplo, adquirem dormência quando embebidas em uma condição de anoxia (ausência de oxigênio). Não apenas ambientes desfavoráveis, mas também condições de toxicidade (como a presença de substâncias químicas) podem induzir dormência secundária.

### **3.1. Tipos de dormência**

Física – É caracterizada pela impermeabilidade do tegumento à água e gases, pode ser superada através de escarificação;

Química – É devida à presença de fatores inibidores no pericarpo, supera-se removendo o pericarpo;

Mecânica – É provocada por resistência do tegumento ao crescimento do embrião, deve-se remover o pericarpo para superá-la;

Morfológica – Devida à imaturidade do embrião; é superada através de processos de pós-maturação do embrião;

Fisiológica – Deve-se a mecanismos fisiológicos de inibição da germinação, são usados diversos métodos para superá-la, como adição de hormônios e fitoreguladores, lavagem das sementes por longos períodos ou tratamento térmico.

### **3.2. Métodos para superar a dormência em sementes**

Entre os processos mais comuns para superação da dormência de sementes estão a escarificação química, escarificação mecânica, estratificação fria e quente-fria, choque térmico, exposição à luz intensa, imersão em água quente e embebição em água fria. No caso de embriões imaturos, são utilizados processos especiais, chamados de pós-maturação

de embriões, para forçá-los a completar o desenvolvimento até o ponto de possibilitar a germinação da semente.

Na escarificação química, em que se utiliza o ácido sulfúrico concentrado, mergulhando as sementes por tempo determinado de acordo com a espécie, levando a ruptura da testa, outras substâncias utilizadas na quebra de dormência são hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}_3$ ), ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), nitrato de potássio ( $\text{KNO}_3$ ), etanol (para remoção de ceras do tegumento) e água oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ );

A escarificação mecânica (a remoção parcial da casca da semente), é realizada com materiais cortantes como: bisturis, alicates, canivetes e estiletos, ou com materiais abrasivos, como limas, lixas, areia, na maioria das vezes basta uma pequena abertura na casca da semente para permitir a entrada da água e iniciar os processos germinativos;

A estratificação é realizada quando as sementes são submetidas a baixas temperaturas. Em condições naturais durante o inverno, as sementes de várias espécies não tropicais podem ter sua dormência quebrada ao serem expostas por vários dias a temperatura de 1 a 10°C. Mais raramente outras espécies requerem temperaturas altas para que ocorra a quebra da dormência. É importante mencionar os efeitos da temperatura alternada na quebra de dormência como ocorre em algumas espécies de regiões do Cerrado, aumentando a germinação em razão do choque térmico;

A luz pode ser considerada um fator importante na quebra de dormência em sementes, a ação de diferentes comprimentos de onda sobre o fitocromo constitui um dos fatores mais relevantes para a germinação de sementes. Sendo o fitocromo um cromóforo ligado a uma proteína, os efeitos da luz na quebra de dormência podem ser dependentes também da temperatura;

A imersão em água quente pode também reduzir ceras ou componentes lipídicos dos tegumentos que se diluem em água, diminuindo a dureza dos tegumentos e facilitando a entrada de água para embebição;

Já para embebição com água fria, a quebra de dormência pode ser entendida como agente de lixiviação de inibidores de crescimento. Em condições naturais, tal efeito pode ser similar a uma grande chuva que realiza uma lavagem de compostos contidos nas sementes.

Grande parte dos mecanismos de quebra de dormência descritos ocorre na natureza, a quebra de tegumentos rígidos por diversos agentes acontece em condições naturais, talvez mais lentamente. Além da degradação por microrganismos, a passagem pelo trato digestivo de animais durante a dispersão, especialmente de aves que possuem moela rígida para a trituração de alimentos, pode ser caracterizada como uma forma de escarificação mecânica.

Em diversos animais, a escarificação química pode ocorrer no trato digestivo. Sementes levadas por uma corredeira, onde a água percorre áreas cobertas de rochas, também podem sofrer uma escarificação mecânica ou lixiviação. As barreiras à germinação presentes nas sementes devem ser vistas como mecanismos desenvolvidos de proteção ao embrião e de impedimento à germinação em locais ou momentos desfavoráveis.

### **3.3. Longevidade e conservação das sementes**

O período que a semente pode viver é aquele determinado por suas características genéticas, e recebe o nome de longevidade. O verdadeiro período de longevidade de sementes de uma espécie qualquer é praticamente impossível de se determinar, isso só seria possível se pudessem colocar essas sementes em condições ideais de armazenamento, ou seja, seria impossível saber exatamente a longevidade das sementes. Sabe-se, contudo, que, sob determinada condição ambiental qualquer, sementes de diferentes espécies vivem por períodos de tempo diferentes, esse período de longevidade é extremamente variável, indo desde alguns poucos dias até mais de séculos.

Em tecnologia de sementes, especialmente a que envolve espécies de interesse econômico, após a colheita os lotes são imediatamente encaminhados para as unidades de beneficiamento, onde são submetidos a limpeza, secagem, tratamento fitossanitário e embalagem. Após embaladas, as sementes são transportadas para armazéns, para serem utilizadas na próxima semeadura. Portanto, neste caso a principal função do armazenamento é garantir a viabilidade das sementes até a próxima safra. Já em espécie nativa, seja ela domesticada ou não, de interesse econômico ou não, o armazenamento pode ser dividido em diferentes funções.

Portanto, quando pensamos no armazenamento de sementes de espécies nativas devemos estabelecer quais os objetivos e pensar em escalas temporais. Por exemplo, se queremos armazenar sementes de pitanga, que são intolerantes a dessecação, temos que pensar em escala de semanas ou meses, pois dificilmente poderão ser armazenadas por anos. O armazenamento dessas sementes será somente para se garantir a semeadura em época diferente daquela na qual são produzidas.

Outro exemplo, em um extremo, temos sementes, que podem ser armazenadas por décadas, sendo possível se pensar em estoques para serem utilizados quando houver demanda ou em bancos de germoplasma, em outro extremo, temos as sementes de ingá, para as quais o armazenamento teria a função de garantir a quase imediata produção de mudas, por terem escala temporal de armazenamento em dias.

Não há como padronizar procedimentos para o armazenamento dessas sementes, pois o número de espécies nativas do Brasil é gigantesco e como a variação no comportamento das sementes em armazenamento pode ser igualmente ampla, enfatizando que cada espécie deve ser estudada separadamente para se encontrar a melhor forma e o período máximo de armazenamento de suas sementes.

Geralmente, quanto maior a tolerância à dessecação das sementes, maior sucesso será obtido com o armazenamento sob baixas temperaturas e baixa umidade relativa do ar. Por outro lado, quanto mais sensível à dessecação, maior será o insucesso com a redução da temperatura e da umidade relativa.

#### 4. Referências

- Alonso, C. R.; Barbedo, C. J. 2020. Germinações sucessivas em sementes de *Eugenia* spp. *Hoehnea* 47: 1-11.
- Alonso, C. R.; Asperti, L. M.; Guardia, M. C.; Barbedo, C. J. 2019. Cutting and regeneration of roots and seedlings from seeds of *Eugenia candolleana* DC. at different maturity stages. *Journal of Seed Sciences* 41: 160-167.
- Barbedo, C. J., 2021. A recalcitrância da semente: uma história de amor, coragem, conflitos e perseverança. 1ª edição. São Paulo: ARCHANGELUS, 279p.
- Barbedo, C. J.; Bilia D. A. C.; Figueiredo-Ribeiro, R. C. L. 2002. Tolerância à dessecação e armazenamento de sementes de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil), espécie da Mata Atlântica. *Revista Brasileira de Botânica* 25: 431-439.
- Barbedo, C. J.; Centeno, D. C.; Figueiredo-Ribeiro, R. C. L. 2013. Do recalcitrant seeds really exist? *Hoehnea* 40: 583-593.
- Barbedo, C. J.; Lamarca, E. V. 2015. Teor de água e dessecação. In: Piña-Rodrigues, F. C.; Figliolia, M. B.; Silva, A., organizadores. Londrina, Paraná: ABRATES, p. 308 – 324.
- Baskin, J. M, Baskin C C, Chien C T, Chen S Y. 2006. Seed dormancy in the early diverging eudicot *Trochodendron aralioides* (Trochodendraceae). *Seed Science Research* 16: 71- 75.
- Berlyn, G P. 1972. Seed germination and morphogenesis. In: Koslowski, T. T. (Ed.) *Seed Biology*. New York, Academic Press Inc., v.1, p. 223 – 312.
- Bewley, J.D.; Bradford, K.J.; Hilhorst, H.W.M.; Nonogaki, H. 2013. *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. 3rd ed. New York: Springer. 392p. DOI: 10.1007/978-1-4614-4693-4.
- Carvalho N. M.; Nakagawa J. 2012. *Sementes – Ciência, tecnologia e produção*. Jaboticabal: FUNEP, 5ª ed. 590p.
- Copeland, L. O.; McDonald, M. B. 1995. *Principles of Seed Science and Technology*. 3. ed. New York: Chapman & Hall. 409p.
- Ferreira, A. G.; Borghetti, F. 2004. *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: ARTMED, 323p.

- Fowler, J A. P.; Bianchetti, A. 2000. Dormência em sementes florestais. Colombo: EMBRAPA-Florestas, doc. 40,
- Haven, P. H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S. E. 2007. *Biologia Vegetal*. 7ª edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 830p.
- Heydecker, W. 1980. Stress and germination: an agronomic view. In: Khan, A.A. (Ed.). *The Physiology and Biochemistry of seed Dormancy and Germination*. 2. ed. New York: Elsevier/North Holland Inc. p.7 – 28.
- Kramer, Paul J.; Kozlowski, T. 1972. *Fisiologia das árvores*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 745 p.
- Marcos-Filho, J. 2015. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. Londrina: ABRATES. 659p.
- Mayer, A. M.; Poljakoff – Mayber, A. 1975. *The Germination of seeds*. 2 ed. Oxford: Pergamon Press.192p.
- Silva, C.V.; Bilia, D.A.C.; Barbedo, C.J. 2005 Fracionamento e germinação de sementes de *Eugenia*. *Revista Brasileira de Sementes*, v.27, n.1, p.86-92. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222005000100011>
- Teixeira, C.C.; Barbedo C.J. 2012. The development of seedlings from fragments of monoembryonic seeds as an important survival strategy for *Eugenia* (Myrtaceae) tree species. *Trees, Structure and Function*, v.26, n.3, p.1069-1077. <https://doi.org/10.1007/s00468-011-0648-5>
- Umarani, R.; Aadhavan, E.K.; Faisal, M.M. 2015. Understanding poor storage potential of recalcitrant seeds. *Current Science*, v.108, n.11, p.2023-2034.

e-mail para contato: [camila.biounic@yahoo.com.br](mailto:camila.biounic@yahoo.com.br)