

PRINCÍPIOS E PADRÕES INTERNACIONAIS PARA SEMENTES NATIVAS EM RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA

Simone Pedrini^{1,2} & Kingsley W. Dixon¹

Resumo

A crescente demanda por sementes nativas em restauração e reabilitação ecológica, seja para mineração, restauração florestal e de ecossistemas, resultou em uma grande indústria global de fornecimento e venda de sementes nativas. Entretanto, não existem documentos internacionais de orientação para garantir que as sementes nativas tenham os mesmos padrões de garantia de qualidade que são prática regular nas indústrias de cultivo e horticultura. Usando os Princípios e Padrões Internacionais para a Prática da Restauração Ecológica como um documento básico, fornecemos pela primeira vez uma síntese das práticas gerais na cadeia de fornecimento de sementes nativas para derivar os Princípios e Padrões para Sementes Nativas na Restauração Ecológica ("Padrões"). Essas práticas e a ciência subjacente fornecem a base para o desenvolvimento de medidas de qualidade e de orientação que são adaptáveis em escala local, bioma ou nacional. É importante notar que estes Padrões definem o que é considerado semente nativa na restauração ecológica e destacam as diferenças entre as sementes nativas versus as sementes geneticamente melhoradas. As abordagens de análise de sementes são fornecidas dentro de uma estrutura lógica que delinea os muitos estados de dormência diferentes em sementes nativas que podem confundir os resultados da restauração. Um formato para um rótulo de produção é incluído como uma ferramenta prática que pode ser personalizada para as necessidades locais e para padronizar os relatórios aos usuários finais sobre o nível de qualidade de sementes e germinabilidade a ser esperado em um lote de sementes nativas. Estes Padrões não pretendem ser obrigatórios; entretanto, as orientações fornecem a base sobre a qual as abordagens regulatórias podem ser desenvolvidas pelas diferentes jurisdições.

Palavras-chave: cadeia de fornecimento de sementes nativas, sementes vivas puras, acondicionamento de sementes, proveniência das sementes, qualidade das sementes, armazenamento de sementes

¹ ARC Center for Mine Site Restoration, Department of Environment and Agriculture, Curtin University, Kent Street, Bentley, 6102, WA, Australia.

² Autor para correspondência: S. Pedrini. Correo electrónico: smnpedrini@gmail.com

INTRODUÇÃO

A semente é a base e muitas vezes um recurso limitado nos programas de restauração em todo o mundo. A segunda edição dos Princípios e Padrões Internacionais para a Prática da Restauração Ecológica (Gann et al. 2019) destaca como a semente é a base de muitos programas de restauração. No entanto, globalmente existem poucos países onde existem controles de qualidade na cadeia de fornecimento de sementes que garantem um padrão mínimo de qualidade (Vogel 2002; Mainz & Wieden 2019). Assim, um passo lógico na construção da capacidade de oferecer restauração ecológica em larga escala, eficaz e previsível é a formulação de uma estrutura metodológica para garantia da qualidade das sementes da mesma forma que as sementes comerciais são asseguradas com regras e metodologias de teste aceitas internacionalmente (Associação Internacional de Testagem de Sementes [ISTA] 2019). Isto é agora mais crítico do que nunca com a Década da Restauração de Ecossistemas das Nações Unidas (2021-2030) com o objetivo de restaurar 350 milhões de hectares em todo o mundo, o que levará a demandas sem precedentes por suprimentos confiáveis e sustentáveis de sementes nativas. Assim, para fornecedores, usuários finais, profissionais, financiadores da restauração e agências reguladoras, ter confiança na qualidade das sementes é fundamental para alcançar o sucesso local e global da restauração.

Para a maioria dos países com empresas de sementes nativas ou programas de restauração em larga escala, as sementes são comercializadas com pouca consideração da qualidade e viabilidade (Ryan et al. 2008). Isto resultou na má qualidade e até mesmo na entrada de sementes mortas no comércio de fornecimento de sementes. Por exemplo, quando a germinação de lotes de sementes nativas foi testada em oito espécies de diferentes fornecedores em toda a Europa, foi detectada uma alta variabilidade entre os fornecedores, com alguns lotes não contendo sementes viáveis (Marin et al. 2017). Em tais cenários, se a qualidade não for garantida, isso acabará por minar a confiança dos compradores e dos profissionais de restauração na eficiência das sementes nativas. Tais resultados podem prejudicar seriamente a credibilidade dos produtores e fornecedores de sementes nativas, reduzindo a quantidade e a diversidade de sementes nativas disponíveis. Isto terá consequências ao limitar a eficácia dos programas de restauração e a meta ambiciosa

de recuperação total do ecossistema delineada nos Princípios e Padrões Internacionais para a Prática da Restauração Ecológica (Gann et al. 2019).

"Estes Padrões visam encontrar um equilíbrio entre o que são expectativas e garantias de qualidade razoáveis para o usuário de sementes e o que é alcançável do ponto de vista prático e economicamente viável para os fornecedores de sementes".

Um elemento chave para estes, os primeiros Padrões Internacionais para Sementes Nativas em Restauração Ecológica ("Padrões"), é fornecer os princípios subjacentes (com as respectivas declarações de orientação) para as etapas do fornecimento de sementes da fonte ao local da restauração (Fig. 1) - a *cadeia de fornecimento de sementes*. A cadeia de fornecimento de sementes fornece a estrutura lógica para as etapas-chave com os Padrões maximizando os resultados para a produção e fornecimento de sementes de qualidade (Cross et al. 2020). Entretanto, a cadeia de fornecimento de sementes é tão robusta quanto o elo mais fraco. Garantir que todas as etapas sejam gerenciadas para otimizar a qualidade das sementes na cadeia é um aspecto chave destes Padrões, onde os fornecedores de sementes buscam os melhores e mais altos resultados em termos de qualidade de sementes. A qualidade das sementes abrange todos os atributos intrínsecos de um lote de sementes que pode ser testado e que pode receber um valor numérico, tais como pureza, viabilidade, germinabilidade e, se aplicável, estado de dormência (Frischie et al. 2020).

A quem se aplicam estes padrões?

Estes Padrões se aplicam a fornecedores/produtores, comerciantes, bancos de sementes nativas, reguladores tanto governamentais quanto industriais, bem como a usuários finais de sementes nativas. Proporciona confiança comercial na compra de sementes nativas enquanto estabelece padrões metodológicos apropriados para testes de sementes. Estes Padrões desenvolverão para sementes nativas o que

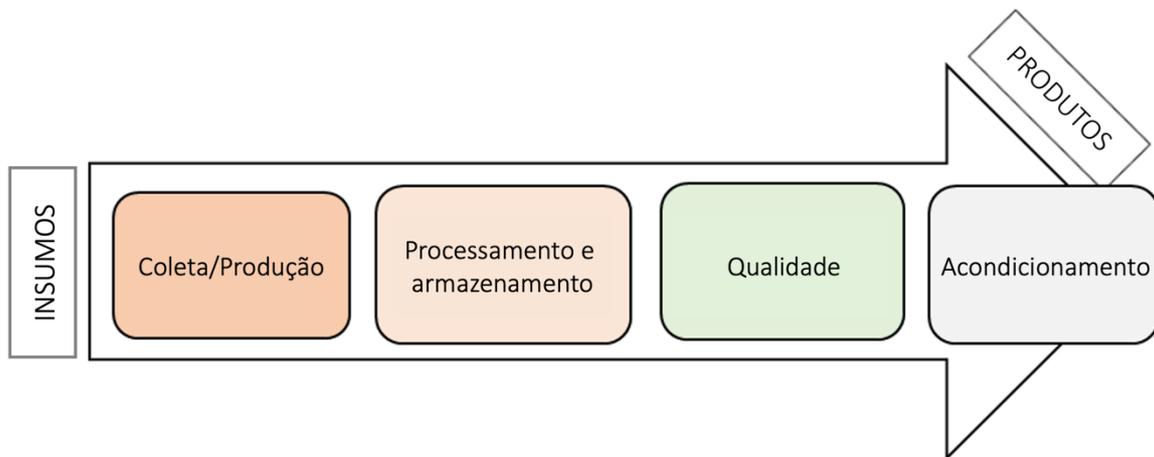


Figura 1. Elementos-chave da cadeia de fornecimento de sementes. Cada passo está delineado nas seções dos Padrões que se seguem. Coleta/produção de sementes: refere-se às fontes de sementes silvestres e cultivadas. Processamento e armazenamento: tratamentos e condições de armazenamento ideais para atingir e manter o nível de qualidade de sementes o mais alto possível. Qualidade: é um meio de obter uma medida de semente viva pura, germinável e dormente. Acondicionamento: todos os tratamentos aplicados às sementes que quebram a dormência e aumentam a germinação (pós-maturação, estratificação, escarificação, agentes químicos e priming) e promovem o sucesso do estabelecimento (incluindo o revestimento de sementes).

ocorreu em empresas de sementes de cultivo e hortícolas, onde as "International Rules for Seed Testing" desenvolvidas pela ISTA e as "Rules for Testing Seeds" pela AOSA (Association of Official Seed Analysts nos Estados Unidos) criaram uma plataforma de princípios e metodologia comumente acordada e compartilhada para testes de sementes. Os consumidores estavam confiantes de que as regras e regulamentos baseados nas Regras da ISTA/AOSA forneciam uma garantia de qualidade que então contribuía para estabelecer uma base comercial sólida para o desenvolvimento de um mercado global no comércio de sementes para culturas e horticultura. Em um sentido semelhante, consideramos as Padrões como permitindo o desenvolvimento de uma indústria de sementes nativas robusta e sustentável baseada nos princípios orientadores dos Padrões Internacionais de Restauração (Gann et al. 2019). Estes Padrões de sementes são especificamente para espécies silvestres, não selecionadas, que são espécies componentes do local de referência ou comunidade do programa de restauração. Cultivares (materiais geneticamente melhorados) de espécies silvestres não são cobertos pelos Padrões (ver próxima seção).

"Estes Padrões são projetados para serem acessíveis e práticas para todos os envolvidos na coleta, produção e uso de sementes nativas, e são relevantes em todos os níveis, desde programas comunitários indígenas até empreendimentos comerciais de sementes nativas em larga escala".

O que constitui uma semente nativa para fins de restauração ecológica?

Um lote de sementes é apropriado para fins de restauração quando sua diversidade genética, representativa da população de origem, é preservada, na medida do possível, em toda a cadeia de fornecimento e implantada em um local de restauração de condições ecológicas adequadas (Erickson & Halford 2020).

Alguns produtores de sementes nativas desenvolveram programas de reprodução de espécies nativas e selecionam ativamente características para melhorar a eficiência da produção de sementes, reduzir o custo das sementes, melhorar o vigor e, por fim, selecionar variedades que têm pouca semelhança com a composição genética da população silvestre original. Em alguns casos, uma variedade foi desenvolvida a partir de uma única planta (Native Seed Quality Task Force 2011). Onde tais variedades são produzidas, os padrões de sementes devem seguir as Regras ISTA/AOSA e os regulamentos locais relevantes. Embora existam usos para estes tipos de materiais em programas de revegetação e reabilitação, eles não são geralmente aceitáveis dentro da estrutura do que é considerado restauração ecológica (Gann et al. 2019).

Embora estes Padrões sejam aplicáveis tanto a programas de conservação quanto de restauração, devido ao pequeno tamanho da amostra de sementes em coleções de conservação, os protocolos de amostragem de espécies de conservação devem seguir recomendações apropriadas em diretrizes nacionais e internacionais, tais como a Rede Européia de Conservação de Sementes Nativas (ENSCONET 2009a, 2009b), as Diretrizes FloraBank da Austrália (FloraBank 1999), e o programa US Seeds of Success (Bureau of Land Management 2018).

Padrões de sementes agrícolas e nativas: são diferentes?

Há pontos fundamentais que diferem entre as espécies agrícolas e as silvestres. Por exemplo, as Regras ISTA/AOSA são projetadas para fornecer procedimentos para análise de sementes de espécies agrícolas, florestais, hortícolas e várias espécies comerciais (flores, especiarias, ervas aromáticas e plantas medicinais). A maioria das espécies cobertas pelas regras ISTA/AOSA para sementes é o resultado de longos períodos de reprodução e seleção nos quais as características das sementes, tais como dormência e enchimento de sementes, são substancialmente alteradas por razões de economia e confiabilidade agrônômica. Por exemplo, as principais espécies agrícolas têm baixa ou nenhuma dormência e altos graus de estabilidade genética para garantir que a variação genética entre as estações seja minimizada ou eliminada. As cadeias de fornecimento de sementes agrícolas são projetadas para manter a pureza genética de variedades específicas, evitando a polinização cruzada com outras cultivares ou formas silvestres e garantindo que as sementes de diferentes linhagens não sejam misturadas. Estas informações são mantidas no lote de sementes ao longo da cadeia de fornecimento para garantir a conformidade genética e a fidelidade varietal (especialmente para variedades da mesma espécie sem diferenças morfológicas claramente identificáveis).

Em contraste, a semente nativa representa uma grande diversidade genética indicativa da diversidade parental e da adaptação local em populações silvestres. Estas características são importantes quando se trata de gradientes e mudanças climáticas. Traços genéticos adaptados às condições locais de restauração significam que existe uma heterogeneidade genética adequada, muitas vezes refletindo altos níveis de variação fenotípica. As monoculturas genéticas são raras na natureza e, portanto, raramente são válidas em programas de restauração ecológica. Como tal, os Padrões abordam a necessidade de incorporar a variabilidade inerente às populações silvestres em lotes de sementes, e tal variabilidade não se encaixa facilmente nas referências existentes, tais como as Regras ISTA/AOSA. Para garantir que a diversidade genética representativa de um ecótipo específico seja corretamente representada, as informações sobre a coleta de sementes na natureza (como locais, hora da coleta, coletor) devem ser mantidas com o lote de sementes ao longo da cadeia de fornecimento até o usuário final. Quando as sementes nativas são

multiplicadas através do cultivo, a multiplicação deve ser feita por um número limitado de gerações, geralmente menos de cinco, para evitar a seleção por certos traços e uma consequente redução da variabilidade genética (Erickson & Halford 2020; Pedrini, Gibson-Roy, et al. 2020).

Essas diferenças entre sementes agrícolas e nativas inviabilizariam, na maioria dos casos, a aplicação das normas agrícolas e métodos de análise tradicionais (ISTA/AOSA) às sementes nativas (ver seção Qualidade das Sementes). Embora as Regras ISTA sejam concebidas para fornecer uma avaliação uniforme da qualidade das sementes para facilitar o comércio internacional de sementes, estes Padrões para Sementes Nativas refletem a natureza local e matizada das sementes silvestres que geralmente se limitam a redes de fornecimento de sementes regionais ou nacionais com comércio ocasional de sementes nativas transnacionais ou transfronteiriças.

Finalmente, a dormência é um atributo chave nas sementes nativas, mas que foi eliminado da maioria das sementes de espécies agrícolas. Dormência refere-se ao estado morfológico e fisiológico da semente que controla a expressão da germinação. Recomenda-se que os fornecedores de sementes nativas definam a condição de dormência e o tratamento de quebra de dormência para um lote de sementes. Tais tratamentos de quebra de dormência podem ser aplicados pelo fornecedor ou recomendados aos usuários finais como um passo necessário para garantir o sucesso da implantação de sementes com capacidade de germinação.

Por que a etiquetagem de sementes nativas é importante?

Os rótulos são o principal meio de comunicação de informações sobre sementes entre os fornecedores de sementes e os usuários finais. Os rótulos projetados para variedades de sementes ou culturas não são adequados para espécies nativas como definidas nestes Padrões de Sementes Nativas e têm campos irrelevantes ou não têm campos necessários para garantir a qualidade em espécies nativas destinadas a programas de restauração ecológica. O formato fornecido é estruturado para refletir um rótulo "ideal" e abrangente para lotes de sementes nativas (Fig. 2). As partes componentes do formato são delineadas nesta seção, abordando como as espécies,

Espécie: _____



Número do lote de sementes: _____

Coletada em campo

Peso do lote: _____

Cultivada

*Logotipo da empresa,
e dados de contato*

Fonte das sementes

Data de coleta: *mês/ano* _____

Local: *estado/província, município, zona.* _____

Sítio: *coordenadas GPS* _____

Coletor: *nome da pessoa/empresa* _____

Notas: _____

Produção controlada

(Se cultivada)

Data de colheita: *mês/ano* _____

Local: *estado/província, município* _____

Número de gerações: *1-5* _____

Produtor: *nome da empresa* _____

Notas: _____

Condições de armazenamento após coleta/colheita.

RH% _____ T° _____

Teste de qualidade

Data do teste: *mês/ano*

Realizado por: *nome da pessoa/empresa*

Pureza

Unidade de Semente Pura USP: _____ %

Outras sementes²: _____ %

Material inerte³: _____ %

Notas: _____

Peso de 1000 Unidades de Semente Pura: _____ (g).

Viabilidade

Unidade de Semente Viável USV: _____ %

Corte Raio-X Tetrazólio Outra

Notas: _____

Germinabilidade

Unidade de Semente Germinável

USG: _____ %

Notas: _____

Dormência (se aplicável)

Unidade de Semente Dormente USD: _____ %

Notas: _____

Classe de dormência (se conhecido)

- Física
- Fisiológica
- Morfológica
- Morfo-fisiológica
- Combinada

Sementes Puras Vivas SPV: _____ %

Sementes Puras Germináveis SPG: _____ %

Sementes Puras Dormentes SPD: _____ %

Acondicionamento

Data do tratamento: *mês/ano*

Realizado por: *nome da pessoa/empresa*

Quebra de dormência

Escarificação Estratificação

Química

Notas: _____

Priming

Hidro Osmo Matriz sólida

Notas: _____

Substâncias protetoras: *fungicidas,*

pesticidas... _____

Promotores: *hormônios, químicos...* _____

Revestimento

Película Incrustação Pellet Outra

Notas: _____

Substâncias protetoras: *fungicidas,*

pesticidas... _____

Promotores: *hormônios, químicos...* _____

Figura 2. Formato que pode ser utilizado conforme indicado ou modificado dependendo das condições locais, para etiquetagem de lotes de sementes nativas antes da venda. Este modelo é dividido em três seções baseadas nas etapas-chave da cadeia de fornecimento de sementes: Aquisição/proveniência de sementes, testes de qualidade de sementes e acondicionamento de sementes.

origem, coleta e produção devem ser relatadas; como a qualidade deve ser determinada; e como as informações sobre o estado de dormência, acondicionamento e armazenamento de sementes devem ser transmitidas. O formato é projetado para abranger todos os aspectos possíveis das sementes nativas. Se tal modelo for adotado por empresas de sementes nativas ou associações locais de sementes nativas, seções que não sejam relevantes para o tipo de produto/espécie (por exemplo, produção, dormência, acondicionamento) podem ser deixadas em branco, removidas ou personalizadas com seções específicas do local/região/espécie adicionadas.

Este formato é projetado para um lote de sementes composto de uma única espécie. O rótulo para misturas, onde as sementes são coletadas/cultivadas separadamente e depois misturadas antes da venda, localização da fonte de sementes, qualidade do lote e tratamentos devem ser relatados para cada espécie na mistura, juntamente com a porcentagem de peso de cada espécie presente na mistura. Nos casos de restauração de campos, onde os lotes de sementes são diretamente colhidos como uma mistura de diferentes espécies utilizando técnicas como a remoção de sementes, vácuo e feno verde/seco, o rótulo deve informar a origem, a lista de espécies presentes (com base no levantamento da vegetação antes da colheita, avaliação visual das sementes ou germinação) e, se viável, uma porcentagem de peso estimada de cada espécie. Ao lidar com tal material, consulte o "Manual Prático para a Colheita de Sementes e Restauração Ecológica de Prados Ricos em Espécies" (Scotton et al. 2012).

A certificação é necessária para sementes nativas?

Como a indústria mundial de sementes nativas cresce para atender às demandas de restauração, a certificação com padrões apropriados que são reconhecidos nacionalmente poderia ser considerada. Os esquemas de certificação são projetados para assegurar que os processos e produtos estejam em conformidade com as regras e regulamentos delineados por uma associação de produtores (indústria), órgãos reguladores (governos), ou ambos. Por exemplo, na Alemanha, em resposta a uma diretiva europeia (2010/60/UE) que regulamenta a comercialização de sementes nativas de espécies de pastagem, dois sistemas de certificação, VWW-Regiosaaten

e RegioZert (Mainz & Wieden 2019), foram desenvolvidos por associações locais de produtores de sementes nativas. Entretanto, se os regulamentos não abordarem as complexidades e nuances da cadeia de fornecimento de sementes nativas, o desenvolvimento de esquemas de certificação eficazes e mercados de sementes nativas bem estruturados será dificultado. Por exemplo, a diretiva europeia acima mencionada (2010/60/UE) prevê derrogações à legislação pré-existente que regulamenta o mercado para espécies forrageiras e, como tal, trata as sementes nativas de forma semelhante às cultivares e variedades geneticamente melhoradas, limitando assim sua aplicabilidade efetiva às cadeias de fornecimento de sementes nativas (Tischew et al. 2011).

Os princípios e padrões delineados neste documento fornecem a base para o próximo passo lógico em direção ao desenvolvimento da certificação de fornecedores de sementes nativas e laboratórios de testes de sementes nativas. Tais abordagens de certificação podem ser consideradas em edições futuras destes Padrões.

ORIGEM, COLETA E CULTIVO DE SEMENTES

Um princípio orientador na restauração ecológica é o uso de um local ou ecossistema de referência nativo apropriado (ver Gann et al. 2019 para orientação detalhada sobre a seleção de uma referência nativa). Portanto, a composição genética de uma espécie na referência se reflete no local restaurado para garantir, na medida do possível, a correspondência do recurso genético. A coleta de sementes da natureza, ou de áreas de produção de sementes (APS), deve, portanto, indicar a origem e os detalhes do local de coleta. Outros fatores devem ser levados em consideração durante a coleta de sementes da natureza, a fim de representar efetivamente a diversidade genética da população doadora sem prejudicar sua capacidade reprodutiva (ver Pedrini et al. 2020b).

Como detalhado no documento de *Aquisição e Planejamento de Sementes* deste número especial (Erickson et al. 2020) e no Apêndice 1 de Gann et al. (2019) a proveniência é difícil de predeterminar na ausência de estudos genéticos detalhados, fenotípicos ou casa de vegetação para orientar os locais de coleta de sementes geneticamente apropriadas.

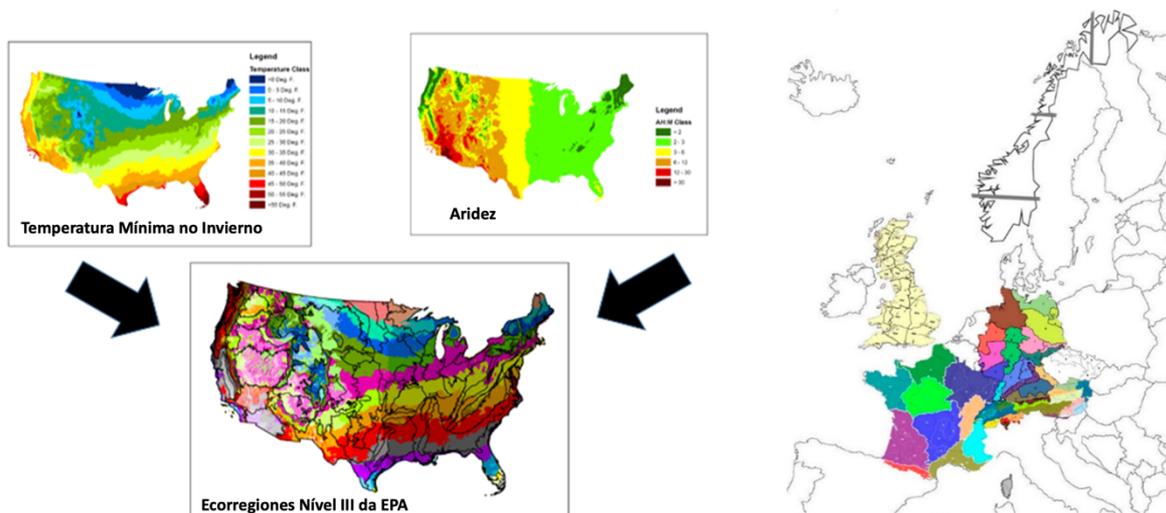


Figura 3. Zonas de sementes nos Estados Unidos e Europa: Esquerda: As zonas de sementes provisórias dos Estados Unidos para plantas nativas (polígonos coloridos) são áreas únicas, delimitadas climatologicamente (temperatura-aridez) aninhadas dentro dos limites da Eco-região de nível III da EPA (linhas pretas). As zonas provisórias podem ser usadas para orientar as decisões de fornecimento de sementes quando falta informação genética específica da espécie (Bower et al. 2014). Direita: Zonas nacionais de sementes desenvolvidas para países europeus (De Vitis et al. 2017). Permissão fornecida.

Abordagens eco-regionais que definem áreas que abrangem geologia, clima, solos, hidrologia e vegetação similares ou outros descritores geográficos podem orientar as zonas de coleta e transferência de sementes. Quando tais informações são combinadas com informações ecológicas e genéticas específicas da espécie e conhecimento local, é possível aproximar uma zona de sementes como foi feito nos Estados Unidos (Bower et al. 2014) e em alguns países europeus (De Vitis et al. 2017) (Fig. 3).

Os coletores de sementes devem consultar as diretrizes locais ou nacionais para orientação ou buscar a opinião de especialistas sobre o que constitui uma zona de transferência de sementes/zona de transferência de sementes ou proveniência relevante para o local de restauração em questão antes de empreender um programa de coleta de sementes.

Cinco classes-chave do tipo de fonte de sementes são fornecidas por Gann et al. (2019) e os usuários finais devem usá-las para orientar suas exigências de plantio.

As classes de proveniência são: proveniência local rigorosa, proveniência local relaxada, proveniência composta, proveniência mista e proveniência preditiva.

Diretriz 1

- 1.1 A semente é acompanhada por um nome de espécie taxonomicamente válido, de acordo com as regras de nomenclatura botânica reconhecidas nacionalmente.
- 1.2 Especificar se o lote de sementes é colhido em estado silvestre ou se foi multiplicado através do cultivo.
- 1.3 Fornecer informações sobre a fonte de sementes silvestres, tais como: local georreferenciado, data de coleta e coletor, com estas informações retidas e rastreadas através da cadeia de fornecimento de sementes, e fornecidas ao usuário final com o lote de sementes.
- 1.4 Para coletas de novas espécies ou material de status taxonômico incerto, os vales de herbário devem ser tomados com o número de acesso do sinônimo de coleta de sementes ou corresponder ao número de vales de herbário.

Coleta de sementes de populações naturais

As demandas globais por restauração significam que, no presente, a maioria das sementes provém de plantações silvestres. Em alguns casos, particularmente nos hotspots globais de biodiversidade onde menos de 30% da vegetação natural permanece, há uma demanda ainda maior por sementes para restauração que pode resultar em uma pressão considerável sobre os poucos ecossistemas naturais preciosos que restam. O fornecimento ético de sementes silvestres colhidas (Nevill et al. 2018) e o cuidado com o manejo das sementes após a colheita é fundamental para reter o máximo possível de sementes viáveis, de modo a fazer com que cada semente conte no programa de restauração.

Diretriz 2

- 2.1 Para proteger a viabilidade das populações doadoras silvestres, não mais de 20% das sementes produzidas em uma estação devem ser coletadas. Para espécies anuais, isto pode ser de até 10%.
- 2.2 Para representar adequadamente a diversidade genética da população, as sementes devem ser selecionadas aleatoriamente a partir de múltiplos indivíduos. Para grandes estandes contínuos, uma abordagem mais sistematizada, como a amostragem regular ao longo de uma transeção, é mais apropriada.
- 2.3 Para garantir uma boa semente madura e pronta para a colheita, uma pequena amostra é colhida e uma avaliação visual da maturidade/preenchimento da semente é realizada antes do início da coleta de sementes.

Produção controlada de sementes

As Áreas de Produção de Sementes (APSs) incluem áreas manejadas em estado silvestre e campos cultivados de espécies nativas. As sementes produzidas a partir de APS requerem considerações que podem ser diferentes daquelas de sementes de origem silvestre, tais como evidências de que a fidelidade genética foi mantida e não há hibridização induzida ou deriva genética através do processo de produção de sementes.

Diretriz 3

- 3.1 O lote de sementes de APSs inclui informações sobre:
 - (a) O número de gerações da coleção original de sementes silvestres. O número de gerações não deve exceder cinco antes do repovoamento, utilizando genótipos originais de origem silvestre.
 - (b) O local de cultivo, nome da empresa/pessoa responsável pelo cultivo e data da colheita são especificados.
- 3.2 Evitar a hibridação potencial com tipos silvestres que crescem naturalmente na região da APS, assegurando que as espécies silvestres estejam além da deriva de polinização para a APS.

3.3 Prevenir a hibridização interespecífica quando espécies relacionadas estiverem em cultivo e assegurar que as linhagens de proveniência sejam mantidas livres de reprodução cruzada.

Nota: É importante que as sementes produzidas a partir de uma APS tenham características de armazenamento, dormência e germinabilidade que são entendidas como estas podem variar daquelas para sementes de origem silvestre.

PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO DE SEMENTES

O gerenciamento correto das sementes após a colheita silvestre ou no campo é crucial para garantir que a qualidade das sementes seja mantida em um alto padrão. O material coletado deve ser avaliado visualmente para garantir que as sementes sejam maduras, saudáveis, não depredadas e livres de infecção bacteriana ou fúngica. Para espécies com produção esporádica de sementes e maturação assíncrona (por exemplo, espécies de floresta tropical), os diásporos podem ser coletados pouco antes da maturação e mantidos em condições apropriadas para permitir a pós-maturação. As sementes devem ser transportadas em estado seco e ventilado para as instalações de processamento/armazenamento.

O processamento de sementes é recomendado se o lote coletado contiver impurezas e materiais inertes, material que não-semente e sementes de outras espécies. Uma ampla gama de métodos e técnicas de processamento de sementes é descrita no artigo de processamento de sementes e qualidade desta edição especial (Frischie et al. 2020). As tecnologias emergentes que mostram promessa de melhoria no processamento, manuseio e germinação de sementes incluem a queima rápida e a digestão ácida (Stevens et al. 2015; Guzzomi et al. 2016; Pedrini et al. 2019). O processamento deve ser realizado para maximizar a pureza do lote, sem degradar a integridade e viabilidade das sementes. As sementes devem então ser armazenadas em condições ambientais apropriadas que maximizem a longevidade das sementes.

A umidade relativa, geralmente registrada como porcentagem de umidade relativa (UR%), está correlacionada com o teor de umidade da semente. O alto teor de umidade da semente acelera o processo de envelhecimento da semente e pode

proporcionar as condições ideais para a contaminação fúngica, levando a perdas de sementes. O nível de UR de 15% é geralmente considerado seguro para o armazenamento de sementes, e deve ser adotado para o armazenamento de sementes ortodoxas. Quando há conhecimento limitado das condições de armazenamento, testes empíricos de tolerância de 15% de umidade relativa das sementes devem ser realizados antes de iniciar o armazenamento a longo prazo.

A temperatura ideal para garantir a viabilidade das sementes para armazenamento a médio prazo é de 15°C. Para armazenagem de longo prazo, as sementes devem ser armazenadas (após secagem apropriada) a -18°C.

Nota: Para espécies recalcitrantes, cujas sementes não podem ser secas, o armazenamento a médio ou longo prazo não é viável e as sementes devem ser usadas logo após a colheita (dependendo das espécies, isto pode ser de semanas a meses).

Espécie: _____

Número do lote de sementes: _____ Coletada em campo

Peso do lote: _____ Cultivada


*Logotipo da empresa,
e dados de contato*

Fonte das sementes	Produção controlada (Se cultivada)
Data de coleta: <i>mês/ano</i> _____.	Data de colheita: <i>mês/ano</i> _____.
Local: <i>estado/província, município, zona.</i> _____.	Local: <i>estado/província, município</i> _____.
Sítio: <i>coordenadas GPS</i> _____.	Número de gerações: <i>1-5</i> _____.
Coletor: <i>nome da pessoa/empresa</i> _____.	Produtor: <i>nome da empresa</i> _____.
Notas: _____.	Notas: _____.
_____.	_____.

Condições de armazenamento após coleta/colheita. RH% _____ T° _____

Figura 4. Detalhes do formato relevante para relatórios sobre fonte de sementes, cultivo de sementes e armazenamento de sementes.

Diretriz 4

- 4.1 O manejo de sementes após a coleta requer que o lote de sementes seja seco (sementes sensíveis à dessecação exigirão apenas uma secagem moderada, observando que tais sementes podem ser facilmente mortas por secagem) tão logo seja praticável após a coleta e seja transportado seco, fresco e, se necessário, ventilado para evitar a condensação, o acúmulo de umidade e a moldagem enquanto são entregues nas instalações de processamento e armazenamento de sementes.
- 4.2 *Processamento de sementes:* se o lote de sementes contiver material sem sementes (folhas, flores, ramos, solo, rochas, sementes vazias/predadas) ou sementes de espécies diferentes, o lote precisa ser processado no grau mais alto praticável para garantir uma alta pureza das sementes. Os métodos e técnicas de processamento de sementes são descritos por Frischie et al. (2020).
- 4.3 As sementes devem ser equilibradas a 15% UR e 15°C até que as sementes atinjam um teor de umidade entre 5 e 10%. O teor de umidade da semente é determinado usando os métodos descritos por De Vitis et al. (2020)
- 4.4 Uma vez no teor de umidade desejado, as sementes podem ser armazenadas sob as mesmas condições, ou armazenadas em recipientes herméticos à temperatura de armazenamento apropriada.
- 4.5 A umidade relativa do ar e a temperatura das instalações onde o lote de sementes é armazenado devem ser monitoradas e relatadas no formato de fornecimento de sementes (Fig. 4).

QUALIDADE DAS SEMENTES

O objetivo da avaliação da qualidade da semente é obter informações sobre a pureza, viabilidade, germinabilidade e, se presente, dormência de um lote de sementes nativas. Os resultados destes testes:

- Fornecem informação importante ao fornecedor de sementes (coletores-produtores) sobre os métodos e estratégias de coleta e cultivo.

- Determinam o valor do lote de sementes como um produto de restauração.
- Informam ao usuário da semente sobre os resultados esperados do desempenho da semente.
- Fornecem ao usuário de sementes a garantia do quantum de sementes germináveis/viáveis adquiridas.

A falta de tais informações pode levar o usuário final a assumir que todas as sementes do lote são viáveis e facilmente germináveis e, portanto, exageram o resultado esperado da restauração.

Os procedimentos de análise de sementes desenvolvidos para a avaliação da qualidade de variedades agrícolas são frequentemente adaptáveis para a análise de sementes nativas. Entretanto, devido à alta variabilidade potencial dentro de um lote de sementes, e à alta diversidade da morfologia, fisiologia, tolerância à dessecação e tipo de dormência das sementes nativas, as abordagens descritas nas Regras Internacionais ISTA para Teste de Sementes (ISTA 2019) e AOSA (AOSA 2019) precisam ser adaptadas e customizadas com base em cada espécie. Isto exigirá o desenvolvimento de um protocolo de teste de qualidade de sementes para uma espécie ou grupo de espécies que compartilham atributos similares. Entretanto, as espécies silvestres, ao contrário das variedades cultivadas e hortícolas, podem variar em estado de dormência, massa de sementes, pureza e qualidade através das estações e das faixas geográficas, topográficas e edáficas.

As regras de análise de sementes de cultivos fornecem limiares específicos de espécie/variedade de qualidade mínima de sementes e níveis de tolerância que precisam ser atingidos para que um lote de sementes seja considerado aceitável para venda. Entretanto, para sementes nativas, a qualidade de diferentes lotes da mesma espécie pode variar muito, pois as variáveis genéticas e ambientais para sementes de origem silvestre estão fora do controle do fornecedor de sementes. Portanto, não é razoável estabelecer requisitos mínimos de qualidade padrão; no entanto, testes de qualidade devem ser realizados e os resultados comunicados ao usuário da semente.

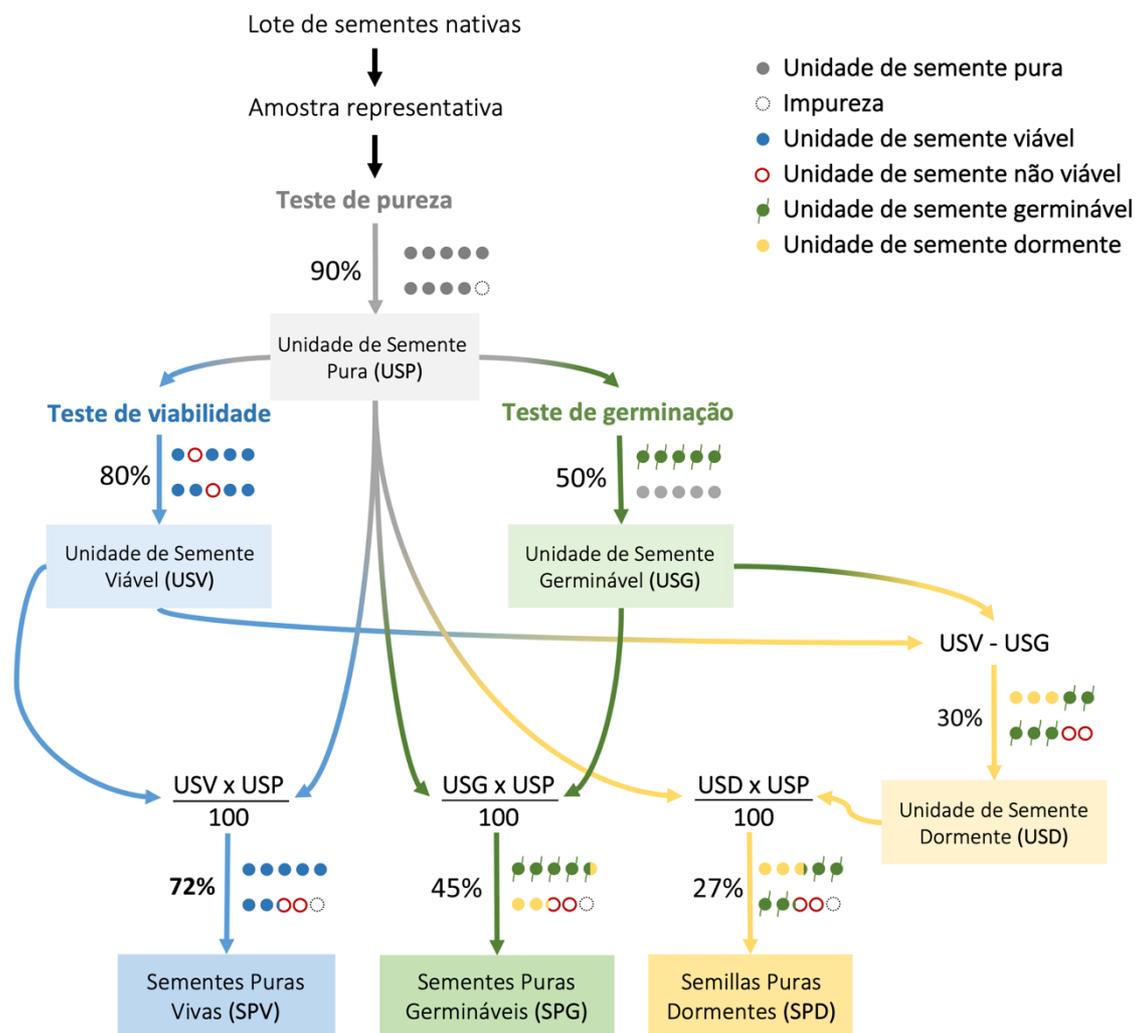


Figura 5. Testes de qualidade de sementes nativas e resultados usados para derivar indicadores-chave da qualidade de sementes. Entre cada teste, um modelo de lote de sementes é representado esquematicamente com valores indicativos de porcentagens de peso. Esta é uma das abordagens usadas para determinar sementes puras vivas/germináveis/dormentes. Diferentes abordagens são ilustradas na seção "Testes de Viabilidade Alternativos Determinados por Germinabilidade".

Para garantir a imparcialidade dos resultados dos testes de sementes, os testes de qualidade de sementes devem ser realizados por laboratórios de testes de sementes certificados independentes. Caso não esteja disponível, a avaliação da qualidade da semente poderá ser realizada pelo fornecedor da semente com isto declarado no rótulo da semente fornecida (Fig. 6). Para criar confiança no processo de autoteste de lotes de sementes nativas, um sistema de licenciamento para fornecedores de sementes poderia ser implementado, se necessário.

A seção seguinte descreve os métodos comuns de testes de qualidade de sementes e uma estrutura para testes de qualidade de sementes nativas. Os principais procedimentos e análises necessários para realizar um teste de qualidade abrangente de sementes são ilustrados na Figura 5 e descritos na seção seguinte.

Diretriz 5*

- 5.1 A amostra deve ser representativa de todo o lote de sementes.
- 5.2 Se o lote de sementes recebeu tratamento de acondicionamento de sementes (por exemplo, revestimento, priming), um teste de qualidade das sementes deve ser realizado nas sementes tratadas.
- 5.3 Um teste de pureza é realizado e a porcentagem de unidades de sementes puras (USPs), material inerte e sementes contaminantes (espécies não-alvo) presentes no lote são indicadas como porcentagem de peso.
- 5.4 Um teste de viabilidade é realizado (quando possível) para determinar a porcentagem de USPs que são viáveis (USV) e o método utilizado para determinar a viabilidade indicada.
- 5.5 Um teste de germinabilidade é realizado (quando possível) que fornece a porcentagem média de USP que são facilmente germináveis (unidades de sementes germináveis [USGs]).
- 5.6 A diferença entre a unidade de semente viável USV e USG representa a unidade de semente dormente (USD). A USD é a porcentagem de sementes que são viáveis, mas que não são capazes de germinar devido à dormência. Se for detectada dormência, o tipo de dormência deve ser indicado (com base em literatura ou opinião de especialistas) e, quando possível, é fornecida uma abordagem comprovada de quebra de dormência.
- 5.7 Sementes vivas puras (SVP), sementes germináveis puras (SGP) e sementes viáveis dormentes (SVD) fornecem informações sobre o percentual por peso do lote de sementes que pode ser considerado viável, germinável e dormente. SVP, SGP e SVD podem ser calculados a partir da USV, USG e USD respectivamente, multiplicados pela USP.
- 5.8 SPD é o percentual de sementes do lote que são viáveis, mas não podem germinar prontamente devido à dormência.

* A ser lido em conjunto com o diagrama de fluxo da qualidade da semente na Figura 5.

Nota: A estrita adesão às diretrizes fitossanitárias locais é necessária para evitar a propagação de potenciais pragas e doenças, incluindo evitar sementes de ervas daninhas nas sementes fornecidas.

Amostragem

Os testes de sementes para análise de pureza, viabilidade e germinabilidade requerem que uma subamostra apropriada seja retirada de um lote de sementes. A amostragem para testes de qualidade é relevante para um lote de sementes após a coleta/colheita e antes da implantação no campo, se a semente tiver sido armazenada por longos períodos. A reamostragem é frequentemente necessária para espécies nativas e reflete a incerteza em torno das condições de armazenamento para muitas espécies silvestres e o potencial de perda de viabilidade através do ciclo de armazenamento.

Diretriz 6

- 6.1 Amostras representativas devem ser coletadas de partes homogêneas do lote de sementes, observando que o acomodamento pode ocorrer durante o transporte e o processamento.
- 6.2 Para sementes de fluxo livre não contaminadas com outros materiais, a amostragem deve ser coletada de partes representativas do recipiente de armazenagem. Dispositivos de amostragem tais como dispositivos Trier (que vêm em várias formas, incluindo camadas simples e dupla) podem ser usados com grandes lotes (>5 kg) onde o diâmetro dos orifícios de amostra é 2-3 vezes maior que o da maior semente (inclui sementes não-alvo e resíduos não-sementes). *Nota:* para sementes pequenas pode ser necessária uma amostragem discreta utilizando espátulas retiradas de amostras espalhadas.
- 6.3 Assegure que as amostras sejam representativas e, se visivelmente não uniformes, então, fazer uma nova amostra para garantir a uniformidade.

- 6.4 Para sementes que tenham apêndices confusos (incluindo sementes achatadas) ou que sejam grandes sementes, pode ser necessária a amostragem manual ou o uso de dispositivos em forma de copo. A inspeção visual é necessária para garantir que a conformidade da subamostra seja alcançada.
- 6.5 Para recipientes de amostra de até 20 kg, cada recipiente de amostra deve ser amostrado seguindo as Regras AOSA para Teste de Sementes ou as diretrizes de Intensidade de Amostragem ISTA. Todos os recipientes de até seis devem ser amostrados aleatoriamente de cada recipiente. Quando o número de recipientes for maior que seis, por exemplo, 7-14 recipientes, seis amostras devem ser coletadas; sete amostras de 15 a 24 recipientes; oito amostras de 25 a 34 recipientes ... 15 amostras de 95 a 104 recipientes.
- 6.6 As amostras devem consistir em 400, de preferência 800, USPs (ver seção Pureza) por amostra referida como a "amostra primária". A amostra primária é submetida a testes e um subconjunto conhecido como "amostra de trabalho" passa por testes de pureza, viabilidade e germinabilidade. A amostra de sementes tratadas com materiais de revestimento externo deve consistir em 1.000-2.000 unidades revestidas para testes de germinação.
- 6.7 Se as amostras forem enviadas para um estabelecimento de análise de sementes, elas devem ser adequadamente seladas para evitar a entrada de umidade e protegidas contra esmagamento durante o transporte.

Preparação de amostras de trabalho para testes de sementes. Uma subamostra da amostra de semente primária conhecida como amostra de trabalho deve ser submetida a testes de pureza de sementes (ver seção Pureza). Esta subamostra deve ser coletada de forma a garantir a representatividade. Quando as amostras primárias são grandes, subamostragens ou divisores mecânicos (que incluem "rifle", divisor cônico, divisor Boerner e dispositivos centrífugos) são usados para garantir que uma amostra imparcial e representativa seja usada (veja a seção 2 das Regras AOSA para detalhes das especificações do dispositivo). O corte manual onde uma amostra é espalhada uniformemente sobre uma superfície plana e depois dividida ao meio também pode ser usado se não houver divisores mecânicos disponíveis. A mistura manual e a amostragem com colher podem ser aplicadas a sementes pequenas ou para lotes de sementes de tamanho pequeno.

Número recomendado de USPs para testar o número de sementes puras

É selecionado material suficiente para determinar o peso do material inicial para derivar 100-500 USP. O número de unidades de sementes por grama é dependente da espécie e baseado no tamanho, facilidade de triagem, grau de pureza. Repetir pelo menos três vezes a partir de amostras de trabalho adicionais.

Número de sementes viáveis

Oriundas do teste de pureza, subamostras de 100 USP são utilizadas para teste de viabilidade.

Número de sementes germináveis

A partir do teste de pureza, quatro réplicas de 25 sementes cada são submetidas a testes de germinação geralmente em ágar, areia úmida ou papel filtro. Para sementes muito grandes e espécies recalcitrantes, um número menor de sementes pode ser utilizado.

Peso de 1.000 sementes

Este valor é usado em vários bancos de dados e é determinado pela coleta de quatro amostras de 50 USP e depois calculando o peso esperado de 1.000 sementes.

Nota: O Banco de Dados do Banco de Sementes do Milênio (<https://data.kew.org/sid/>) tem o peso de 1.000 sementes para um grande número de espécies de muitos países. Este é um guia útil para entender o tamanho das sementes de algumas espécies nativas.

Pureza

O teste de pureza é realizado em uma amostra representativa de trabalho (ver seção Amostragem) para estimar a porcentagem de peso do lote que deve ser considerado

como semente pura. A alta pureza das sementes pode ser obtida através de uma coleta cuidadosa e informada de sementes ou práticas de cultivo de sementes e aplicação correta de técnicas de processamento e limpeza de sementes. O teste de pureza é realizado através da separação da amostra nas três frações: USP, sementes de outras espécies e matéria inerte.

Unidades de sementes puras. O que é considerado como uma USP varia de espécie para espécie. As Regras ISTA fornecem uma lista de 63 tipos diferentes de unidades de sementes para quase 450 Gêneros. Por exemplo, são descritos nove tipos diferentes de aquênios, cinco tipos de cápsulas e oito tipos de espigas. Embora o Gênero de algumas espécies nativas possa não estar listado, ele poderia ser categorizado em um dos tipos de unidades de sementes descritos pela ISTA. Se nenhuma das definições disponíveis for aplicável, um novo tipo de unidade de semente precisará ser descrito.

"Ao contrário das diretrizes da ISTA e da AOSA para unidades de sementes puras, aqui categorizamos as sementes subdesenvolvidas, germinadas, infectadas, anormais, subdimensionadas ou danificadas, incapazes de germinar normalmente como material inerte".

Diretriz 7

- 7.1 As sementes das espécies-alvo que, após avaliação visual durante a separação da fração, parecem saudáveis e potencialmente viáveis devem ser consideradas USP.
- 7.2 Sementes de outras espécies no lote de sementes (outras espécies, ervas daninhas) precisam ser contabilizadas e relatadas. Se possível, essas sementes precisam ser avaliadas para determinar se uma espécie potencialmente invasora está presente na mistura. Outras espécies detectadas devem ser relatadas no campo de notas na seção de pureza do formato (Fig. 6).
- 7.3 A matéria inerte é contabilizada e representa todos os componentes que não são considerados sementes ou essenciais para a germinação da semente-

- 8.2 Avalie se as unidades de sementes estão cheias ou vazias aplicando pressão na unidade de sementes usando pinças (ou para sementes maiores entre o papel ou apertando com as unhas). Um diafanoscópio que fornece iluminação indireta ou raios X (ver seção abaixo) são úteis para determinar as unidades de sementes cheias e vazias.
- 8.3 Cada fração deve ser pesada e apresentada como uma porcentagem do total (soma das três frações). Se sementes de espécies exóticas potencialmente invasivas forem detectadas na "outra fração de sementes", ela deve ser relatada.

"Embora úteis, os resultados do teste de pureza por si só não fornecem informações sobre a viabilidade/germinabilidade das Unidades de Sementes Puras, e não devem ser usados como um preditor de resultados de germinação de sementes".

Determinação do peso da semente

Uma vez obtidas as USPs do lote de sementes, pode-se determinar o peso de uma quantidade fixa de unidades de sementes (geralmente mil, e conhecido como "peso de mil sementes". PMS). Esta informação é relevante para os usuários finais ao compor misturas de sementes e calibrar as taxas de semeadura (Shaw et al. 2020).

Diretriz 9

- 9.1 PMS de sementes para muitas espécies nativas está disponível no banco de dados de sementes "SID" desenvolvido pelo Millennium Seed Bank (<https://data.kew.org/sid/>). Se a informação para uma espécie não estiver disponível, o PMS pode ser estimado através do registro do peso de quatro réplicas de 50 USP e aplicando a seguinte equação:

$$\text{Peso de mil sementes (PMS)} = \left(\frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{4} \right) \times 20$$

Viabilidade

Testes de viabilidade são realizados para determinar a porcentagem de sementes do lote que estão vivas e podem potencialmente germinar. Métodos padrão tem sido usados para estimar a viabilidade das sementes; entretanto, devido à complexidade e diversidade das sementes nativas, alguns métodos requerem avaliação e calibração cuidadosas antes de serem confiáveis para a determinação da viabilidade. Os métodos mais comuns para avaliar a viabilidade são o teste de corte, a radiografia e o teste de tetrazólio. Os testes de germinabilidade também podem ser usados como um teste de substituição para determinar a viabilidade; no entanto, ele deve ser combinado com um teste de viabilidade para tratar se as sementes não germinadas são de fato viáveis, mas dormentes, ou mesmo não viáveis.

Unidade de sementes viáveis. Os testes de viabilidade são realizados em USPs obtidas do teste de pureza, e são projetados para estimar a porcentagem de unidades de sementes viáveis (USV) presentes em uma amostra de sementes puras. A porcentagem de USV pode ser considerada em relação ao peso da amostra, assumindo que o peso de uma unidade de semente viável e não viável é igual. Esta suposição depende do que é considerado uma USP para sementes nativas (ver seção sobre Pureza da Semente).

Teste de corte. Este método é uma forma simples e eficaz de estimar a viabilidade. A unidade de semente é seccionada com uma lâmina de bisturi, faca ou outro instrumento afiado e o conteúdo interno da semente é examinado visualmente. As sementes viáveis têm endosperma branco e túrgido (sem encolhimento observável) com um embrião que não apresenta descoloração ou encolhimento observável. Se as sementes internas estiverem ausentes ou parecerem enrugadas, doentes, infectadas, descoladas ou anormais, a semente pode ser considerada não viável. Este teste requer um bom conhecimento da morfologia da semente e experiência em testar a espécie. A calibração da técnica pode ser realizada através da combinação com outros testes de viabilidade ou um teste de germinabilidade. Uma limitação deste teste é que ele pode superestimar a viabilidade de sementes que parecem saudáveis, mas perderam a capacidade de germinar (ou seja, sementes mortas).

Diretriz 10

- 10.1 Um mínimo de 100 sementes, selecionadas aleatoriamente da USP, deve ser usado para determinar a viabilidade usando o teste de corte. As sementes devem ser mantidas seguras e seccionadas longitudinalmente usando uma lâmina afiada, como um bisturi. As metades são então inspecionadas (um microscópio de dissecação é útil especialmente para a inspeção embrionária) para evidências de descoloração ou encolhimento no endosperma ou no embrião que indique uma semente não viável. Unidade de Sementes Viáveis (USV) - Teste de Corte deve ser relatado como uma porcentagem do USV.

Raio-X. A avaliação da imagem de raio X permite determinar quais unidades de sementes parecem intactas e muito provavelmente viáveis. Este procedimento não intrusivo retém sementes viáveis após a imagem que pode ser combinada com outros testes para estimar a viabilidade e a germinabilidade para melhorar a precisão preditiva e a calibração. Assim como no teste de corte, este método não indica vitalidade real da semente e, portanto, pode potencialmente sobrestimar a viabilidade do lote de sementes.

Diretriz 11

- 11.1 Entre 25-100 USP amostradas aleatoriamente (dependendo do tamanho da semente) são colocadas na máquina de raios X e expostas a raios-X por uma duração e intensidade suficientes para penetrar nas estruturas externas da semente (por exemplo, casca da semente, frutos, pericarpo ou floretes) para permitir a visualização da estrutura interna da semente. Relatar a Unidade de Sementes Viáveis (USV)-radiografia, expressas em porcentagem da USP.

Teste de tetrazólio. O teste de tetrazólio é considerado o mais completo dos testes de viabilidade, mas pode ser demorado e requer operadores qualificados e treinados para realizar e avaliar corretamente com base no conhecimento e experiência anteriores com a espécie. Este teste implica o uso de cloreto de 2,3,5-trifenil tetrazólio,

comumente conhecido como tetrazólio (TZ). Este composto reage com os íons de hidrogênio liberados pelas células vivas durante a respiração, formando um composto vermelho insolúvel chamado trifênil formazan. O formazan é então visível como uma mancha vermelho-rosada nas partes da semente onde a desidrogenase está ativa - com um pressuposto de que isto reflete a vitalidade celular. Muitas sementes podem conter tecido morto que não será colorido, formando um mapa "topográfico" do padrão de coloração na semente. É importante na semente nativa compreender a morfologia da semente testada para que o padrão de coloração do tecido vivo reflita a viabilidade da semente.

Diretriz 12

Um teste de tetrazólio é realizado da seguinte forma:

- 12.1 *Tamanho da amostra:* este teste deve ser realizado em um mínimo de 50 sementes amostradas aleatoriamente a partir das USPs.
- 12.2 *Umidificação:* As sementes devem ser umedecidas por imersão em água (entre papel molhado ou embebido em água a 20°C durante 12-24 horas). Para sementes tegumento impermeável, a camada deve ser perfurada/escarificada para permitir a entrada de água na semente. O umedecimento amolece a unidade de semente para facilitar a posterior exposição do tecido e a reação química da TZ.
- 12.3 *Exposição do tecido:* Os tecidos da semente devem ser expostos antes da coloração de TZ. Dependendo da estrutura da semente, isto pode ser feito por corte (transversal ou longitudinal) com um instrumento afiado, excisão do embrião, ou remoção completa da casca da semente. Para mais informações, consulte as Regras ISTA ou AOSA na seção de testes de tetrazólio.
- 12.4 A semente é imersa em uma solução aquosa TZ de 1% a 30°C durante 2 a 24 horas, dependendo da espécie (geralmente entre 12 e 24 horas). As diretrizes da ISTA fornecem a especificação para o teste TZ para várias espécies de cultiváveis, árvores e arbustos. AOSA fornece a especificação para um conjunto geograficamente limitado de espécies nativas no nível do gênero.

12.5 *Avaliação/interpretação do padrão de coloração do TZ:* Para algumas espécies, a viabilidade é avaliada pela presença/ausência de coloração vermelho-rosada. Entretanto, é importante entender quais são as partes vitais da semente que devem ser coloridas (por exemplo, ponta de radícula, ápice do caule), e a intensidade (vermelho, rosa, rosa claro) que é necessária para que uma semente seja considerada viável. Isto exigirá testes e avaliações adicionais a fim de descrever padrões de coloração específicos da espécie e corroboração com outros testes, incluindo a correlação com testes de germinação se o padrão de coloração não for considerado conclusivo de viabilidade.

Germinabilidade

A germinação é a expressão final de uma medida de viabilidade de uma semente que envolve a conversão de uma semente viável e dormente em um germinante e, em última instância, em uma planta. A germinação opera através de um filtro de dormência que restringe a germinação ao período mais favorável para o estabelecimento de plântulas.

A germinação é, portanto, um passo significativo no protocolo de teste de sementes, pois define o resultado de um programa de semeadura ou restauração e o número esperado de plantas. Os testes de germinação para a maioria das espécies nativas requerem ferramentas simples - um substrato de germinação, temperatura e umidade adequadas, além de uma compreensão de como administrar e quebrar a dormência (se presente). Assim, quando outros testes de viabilidade podem estar fora do alcance do operador (tetrazólio, raio-X), um teste de germinação é uma medida de substituição útil, particularmente para sementes sem ou com baixa dormência (ver seção Teste de Viabilidade Alternativa Determinada pela Germinabilidade). Entretanto, se os tratamentos de quebra de dormência não forem completamente compreendidos, a germinação pode subestimar significativamente a quantidade de sementes viáveis. Consulte a Figura 2 que ilustra a estrutura lógica para cada uma das principais etapas listadas abaixo.

Unidade de semente germinável. A USG se refere ao número de sementes capazes de produzir um resultado germinativo (produção da radícula até o desenvolvimento completo das mudas). Para determinar a USG, as sementes da fração USP são submetidas a um teste de germinação apropriado onde as condições ambientais (temperatura, necessidade de luz) são compreendidas e o tempo esperado para a germinação é conhecido. O número de germinantes resultantes do teste forma a base da USG.

Diretriz 13

- 13.1 Assegure que as sementes para testes de germinação sejam provenientes da USP e sejam, portanto, limpas, livres de materiais inertes e, na medida do possível, reflitam intactas, sementes túrgidas com probabilidade de germinação.
- 13.2 Usando um contador automático de sementes, peso ou contagem manual, distribua quatro réplicas de 25 sementes (da USP) em pratos/contêineres individuais de germinação que foram preparados com ágar-água ou com papéis umedecidos de germinação, areia, vermiculita, ou outro meio de teste. O meio de germinação permanece úmido durante a duração do teste de germinação. Para limitar a dessecação do meio de germinação e a contaminação fúngica e bacteriana, os pratos/contêineres de germinação devem ser selados.
- 13.3 Incube o material no escuro (ou claro se necessário para germinação) a uma temperatura ideal para a germinação da semente. Tais informações são obtidas na literatura ou em bancos de dados on-line. Se não houver disponibilidade, é necessário um experimento preliminar de germinação a diferentes temperaturas e com ou sem luz para determinar as condições ideais de germinação.
- 13.4 A germinação deve ser registrada quando uma radícula visível tiver surgido a um comprimento de 1-2 mm, dependendo do tamanho da semente.

A germinação é geralmente registrada quando a radícula da semente é detectada; entretanto, isto não fornece informações sobre a saúde/vigor da plântula. Para a maioria das espécies isto não seria um problema, mas nos casos em que mudas

anormais são comuns, o teste deve ser continuado até que as mudas normais e anormais possam ser distinguidas. Tal teste forneceria uma estimativa mais confiável da emergência esperada de sementes e do estabelecimento de mudas no campo.

Nota: Se testar uma unidade de sementes que contém múltiplas sementes ou aglomerados de sementes (ver revestimento de sementes) a germinação é considerada bem-sucedida quando pelo menos uma radícula emerge da unidade, independentemente do número de sementes reais contidas dentro da unidade. A emergência de múltiplas radículas ainda é registrada como um único evento de germinação.

Unidades de sementes dormentes. Ao contrário das espécies cultivadas nas quais a dormência foi eliminada ou reduzida, as sementes de espécies silvestres possuem sistemas de dormência simples a complexos. Resolvendo se a semente tem um estado de dormência pode ser calculado a partir do percentual USV (ver seção anterior) e subtraindo o USG. Todos os valores são porcentagens de peso. Por exemplo, USD é o percentual de peso de sementes que estão dormentes sobre o peso total da USP.

Unidade de Sementes Dormentes (USD%)

= Unidade de Sementes Viáveis (USV%)

– Unidade de Sementes Germináveis (USG%)

Uma vez estabelecida a dormência, o tipo de dormência (e, portanto, um tratamento apropriado de quebra de dormência) pode ser determinado a partir da literatura ou por análise empírica. Veja Baskin e Baskin (2014) para detalhes sobre como identificar a condição de dormência das sementes. Uma descrição das classes de dormência e os métodos para aliviar a dormência são descritos no Quadro 1.

Nota: Algumas espécies silvestres como as Ericaceae drupáceas e muitas Rutaceae australianas, Restionaceae e Cyperaceae de terra firme têm uma profunda dormência intratável onde os blocos germinativos não são facilmente resolvidos sob condições de laboratório. Tais espécies só respondem a sinais de germinação como

a aplicação de fumaça após um período de envelhecimento no solo que pode ser de 6 meses a 2 anos, ou, para algumas espécies tratando com um pulso de calor seco.

Quadro 1: Dormência de sementes

A dormência das sementes é o principal mecanismo pelo qual as sementes persistem no tempo e no espaço de tal forma que a germinação só ocorre quando as condições ambientais são favoráveis para a germinação e o estabelecimento de plântulas. A seleção artificial durante milênios removeu a dormência de espécies de lavouras, florestais e hortícolas com o resultado de que as Regras de teste de sementes associadas podem ter pouca relevância para uma semente nativa que pode ter estados de dormência complexos. Em contraste, as espécies nativas podem ser amplamente divididas em espécies não dormentes ou que possuem uma das cinco seguintes classes de dormência, conforme definidas por Baskin e Baskin (2014): (1) Física: as sementes possuem uma camada impermeável que impede que a umidade atinja o endosperma e o embrião. (2) Fisiológica: o equilíbrio dos hormônios baseados nas sementes é tal que impede a germinação - às vezes chamada de restrição do "poder de empurrar" do embrião para fora da semente. (3) Morfológica: o embrião está subdesenvolvido no momento da dispersão da semente e requer tempo para crescer dentro da semente, geralmente em resposta a períodos de contato com a umidade. (4) Morfofisiológica: o embrião está subdesenvolvido e um desequilíbrio hormonal inibe o desenvolvimento e a germinação. (5) Combinada: as sementes possuem uma barreira física para a absorção de água e têm dormência fisiológica.

A dormência, portanto, representa uma restrição fundamental no uso de sementes em programas de restauração (Merritt & Dixon 2011). Entretanto, ao implantar a semente dormente no local, é fundamental entender que a perda de dormência e o estímulo de germinação podem representar diferentes componentes como transições de uma semente de um estado quiescente para um estado capaz de aceitar um estimulante de germinação como luz, fumaça, nitrato e temperaturas flutuantes (Long et al. 2015). Por exemplo, para a germinação estimulada pelo fogo, a semente pode residir no banco de sementes do solo, entrando e saindo de dormência aguardando um sinal de fumaça que pode surgir da passagem de um incêndio. Para estas espécies, para difundi-las no campo ou usá-las em viveiro sem manejar as duas fases de dormência e estimulação da germinação, resultará em sementes onde o estimulante da germinação aplicado está fora de sincronia com a janela de liberação de dormência (Fig. 7).

Testes de viabilidade alternativos determinados a partir da germinabilidade

Nas seções anteriores, os testes de viabilidade e germinabilidade das sementes são



Figura 7. Quando a germinabilidade de uma espécie é desconhecida e problemática, a ilustração acima fornece a estrutura lógica para resolver que tratamento de sementes e procedimentos são necessários para superar a dormência. Algumas espécies com dormência profunda e intratável podem não ter procedimentos de superação de dormência conhecidos.

apresentados sequencialmente, com a recomendação de realizar os testes nessa ordem. Entretanto, dois métodos alternativos para determinar a viabilidade da semente sem realizar um teste de viabilidade total, podem ser feitos usando um teste de germinabilidade.

Germinação seguida de teste de viabilidade. O primeiro método pode ser usado se o mecanismo de dormência ou quebra de dormência for desconhecido ou não estiver disponível (Fig. 8).

Diretriz 14

14.1 Realizar o teste de germinabilidade nas USPs conforme descrito na seção Unidade de Sementes Germináveis. Este teste retornaria uma porcentagem da Unidade de Sementes Germináveis.

14.2 Ao final da experiência de germinação, as sementes não germinadas que estão livres de contaminação bacteriana ou fúngica e parecem cheias e saudáveis devem ser examinadas para determinar se essas sementes estão

dormentes ou não, usando um dos métodos descritos na seção Viabilidade (teste de corte, raio X ou tetrazólio). Este teste retornaria uma porcentagem de USD.

14.3 A Unidade de Sementes Viáveis (USV) é calculada pela soma da GSU ao USD.

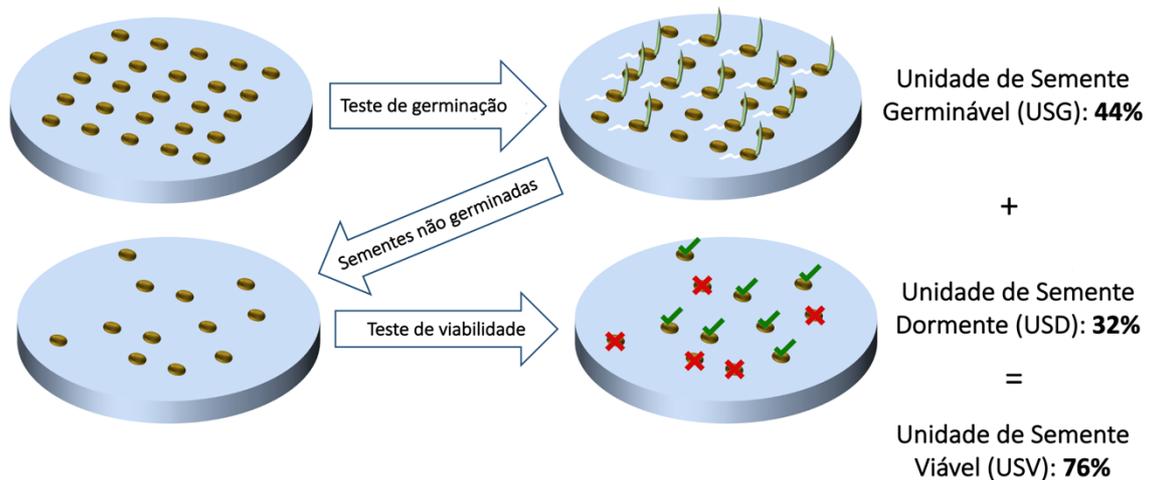


Figura 8. Viabilidade determinada pelo teste de germinabilidade quando os tratamentos de superação de dormência das sementes não são realizados ou são desconhecidos. As sementes com uma radícula de 2 mm, e na imagem, um cotilédone, são consideradas germinadas. Na placa de Petri (inferior direita), as sementes marcadas com verde são viáveis e as sementes com uma cruz vermelha não são viáveis pelo teste de viabilidade apropriado.

Germinação com aplicação de tratamento de quebra de dormência. O segundo método pode ser aplicado quando a liberação apropriada de dormência e as restrições ambientais à germinação são totalmente compreendidas e podem ser aplicadas à semente (Fig. 9).

Diretriz 15

15.1 Os estimulantes da germinação (água de fumaça) ou tratamentos e compostos de quebra de dormência (ácido giberélico, nitrato, karrikinólídeo) em concentrações apropriadas para a espécie são incorporados no ágar ou na água utilizada para umedecer o substrato germinativo. Alternativamente, as sementes podem ser embebidas em uma diluição apropriada do

estimulante/dormente de germinação seguido de incubação no prato de germinação contendo o substrato de germinação de escolha.

15.2 Quando aplicável, garanta que a semente tenha sido adequadamente condicionada (após a maturação, estratificada) e/ou tratada para liberar a dormência física (ou seja, escarificada, tratamento de ebulição).

15.3 O teste de germinabilidade fornece a porcentagem da unidade de semente viável.

15.4 Se necessário, uma porcentagem de USD (PSD) pode ser determinada subtraindo o resultado deste teste do resultado do teste de germinabilidade realizado sem quebra de dormência.

Nota: Quando não há instalações de laboratório disponíveis, é possível realizar um teste de corte simples em sementes não germinadas remanescentes após um teste de germinabilidade como uma estimativa de dormência e viabilidade das sementes.

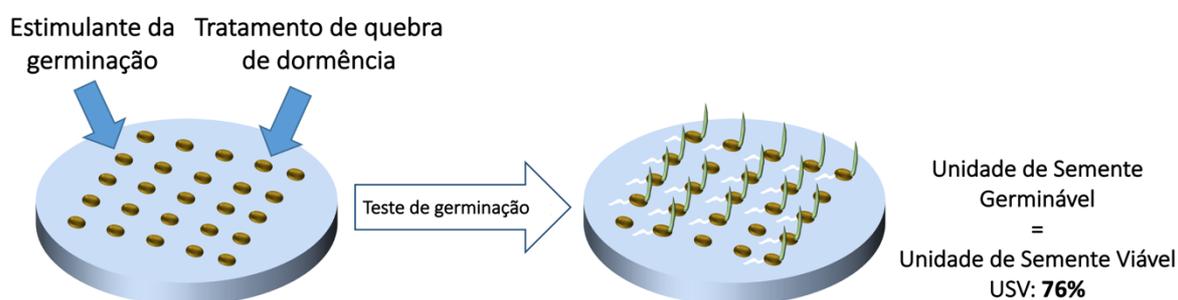


Figura 9. Viabilidade determinada pelo teste de germinabilidade onde foram aplicados estimulantes de germinação e tratamentos de quebra de dormência. As sementes com radícula de 2 mm são consideradas germinadas. Se a dormência for totalmente removida, o resultado do teste de germinabilidade, também forneceria o resultado para a unidade de semente viável.

Sementes Puras Vivas

O resultado do teste de viabilidade, expresso como unidades de sementes viáveis (USV) combinado com o resultado do teste de pureza (USP), permite calcular a porcentagem de peso do SPV usando a seguinte equação:

Semente Pura Viva (SPV%)

$$= \frac{\text{Unidade de Semente Viável (USV\%)} \times \text{Unidade de Semente Pura (USP\%)}}{100}$$

Diretriz 16

16.1 SPV porcentagem é a exigência mínima de teste de qualidade e deve ser relatada no rótulo do lote de sementes

16.2 O valor dos SPV é uma estimativa da porcentagem de sementes vivas no peso de todo o lote de sementes. Por exemplo, um SPV de 72% para 20 kg de sementes significa que 14,4 kg de sementes são considerados viáveis. Uma forma adicional de apresentar SPV é expressar o número estimado de SPV com base no peso unitário. Ambos os valores são particularmente úteis para os usuários de sementes ao planejar operações de semeadura (Shaw et al. 2020).

Sementes Puras Germináveis e Sementes Puras Dormentes

Uma vez que um teste de germinabilidade tenha sido conduzido, o resultado da germinação (USG) e dormência (USD) é então relacionado com a USP para derivar o SGP e SDP como uma porcentagem de peso do peso total do lote de sementes:

Semente Pura Germinável (SPG%)

$$= \frac{\text{Unidade de Semente Germinável (USG\%)} \times \text{Unidade de Semente Pura (USP\%)}}{100}$$

Semente Pura Dormente (SPD%)

$$= \frac{\text{Unidade de Semente Dormente (USD\%)} \times \text{Unidade de Semente Pura (USP\%)}}{100}$$

O valor do SPV, SPG e SPD deve então ser informado no formato (Fig. 6).

ACONDICIONAMENTO DE SEMENTES: QUEBRA DE DORMÊNCIA, PRIMING E REVESTIMENTO

Os principais processos e abordagens utilizados no desenvolvimento e aplicação de tecnologias de acondicionamento de sementes são descritos em (Pedrini, Balestrazzi, et al. 2020). Os condicionamentos podem variar desde a simples liberação de dormência programada (escarificação, ácido giberélico, etc.) até o priming e o revestimento de sementes. Outras tecnologias emergentes estão sendo desenvolvidas atualmente, incluindo novos compósitos extrudados com sementes embutidas ou aglomerações de sementes para aplicações particulares de restauração (Fig. 10).

Embora as melhorias das sementes estejam em sua infância na indústria de sementes nativas, o rápido aumento da demanda global por sementes nativas para atender às metas de restauração está gerando um interesse em melhorar a eficiência na distribuição de sementes em programas de restauração. O acondicionamento de sementes tem o potencial de atender a muitas dessas metas de eficiência. As declarações de orientação a seguir, extraídas em parte de experiências com as indústrias de acondicionamento de sementes de cultiváveis/horticulturas fornecem uma base sólida para garantir que os compradores de sementes possam ter confiança de que as sementes "acondicionadas" proporcionarão melhorias na restauração.

Acondicionamento

Data do tratamento: mês/ano

Realizado por: nome da pessoa/empresa

<input type="checkbox"/> Quebra de dormência <input type="checkbox"/> Escarificação <input type="checkbox"/> Estratificação <input type="checkbox"/> Química Notas: _____.	<input type="checkbox"/> Priming <input type="checkbox"/> Hidro <input type="checkbox"/> Osmo <input type="checkbox"/> Matriz sólida Notas: _____. <input type="checkbox"/> Substâncias protetoras: <u>fungicidas,</u> <u>pesticidas...</u> _____. <input type="checkbox"/> Promotores: <u>hormônios, químicos...</u> _____.	<input type="checkbox"/> Revestimento <input type="checkbox"/> Película <input type="checkbox"/> Incrustação <input type="checkbox"/> Pellet <input type="checkbox"/> Outra Notas: _____. <input type="checkbox"/> Substâncias protetoras: <u>fungicidas,</u> <u>pesticidas...</u> _____. <input type="checkbox"/> Promotores: <u>hormônios, químicos...</u> _____.
---	---	--

Figura 10. Componente do formato para relatórios sobre tratamentos de acondicionamento de sementes. As caixas são preenchidas conforme necessário. Se forem utilizados compostos como promotores/protetores químicos (pesticida) ou hormônios, eles são relatados nas caixas de linha tracejada em cada uma das seções relevantes. Quando múltiplos tratamentos são aplicados a um lote de sementes, estes devem ser relatados.

Diretriz 17

- 17.1 Se as melhorias das sementes forem realizadas por fornecedores de sementes, o tratamento aplicado (liberação de dormência, estimulação da germinação, priming, revestimento) deve ser indicado. O tipo de tratamento utilizado deve ser apropriado para a espécie e o local.
- 17.2 O acondicionamento de sementes deve ser relatado se todo o lote de sementes for tratado. Se o acondicionamento for realizado apenas em uma amostra para avaliar a viabilidade, ele não deve ser indicado nesta seção, mas relatado nas notas da seção de viabilidade/germinabilidade.
- 17.3 A data do tratamento das sementes deve ser informada e, se conhecida, o prazo de validade das sementes acondicionadas deve ser especificado.
- 17.4 Se uma combinação de tratamentos for aplicada, todos os tratamentos devem ser relatados.
- 17.5 Estimulantes da germinação, agentes anti-predação, inseticidas e agentes antimicrobianos, biológicos (bactérias benéficas e fungos) incorporados na semente ou na casca da semente devem ser especificados, e a concentração do composto deve ser relatada.
- 17.6 Quando produtos químicos biocidas são incorporados às sementes acondicionadas, os fornecedores de sementes devem aderir às regras nacionais de pesticidas em seu uso e fornecer as instruções legais de rotulagem e manuseio exigidas.

Quebra da dormência

Se a dormência das sementes for conhecida, pode ser aplicado tratamento ao lote de sementes para remover ou aliviar a dormência, para garantir que as sementes sejam prontamente germináveis. Há muitas abordagens diferentes dependendo do tipo de dormência (Kildisheva et al. 2020). Se o lote de sementes tiver sido tratado para liberar a dormência e estimular a germinação, deve ser relatado no formato.

Diretriz 18

- 18.1 Para pós-maturação e estratificação indicar a duração do tratamento e as condições aplicadas (temperatura, umidade).
- 18.2 Para escarificação, o método utilizado, como ácido, calor seco, água fervente, abrasão, percussão, pneumático, deve ser relatado.
- 18.3 Se foram usadas substâncias químicas durante o processo, o nome do composto, a concentração na qual foi usado e os métodos de entrega empregados (por exemplo, imbibição) também devem ser especificados.

Priming de sementes

O priming das sementes consiste na hidratação controlada das sementes que é interrompida antes do início da germinação irreversível e, após a secagem, a semente retém a viabilidade. Em outras palavras, a germinação é levada a um estágio em que é reversível. Sabe-se que o priming das sementes melhora a velocidade de germinação e a sincronia e o vigor das mudas. O processo também pode ser usado para fornecer compostos potencialmente benéficos, tais como promotores de germinação (por exemplo, fumaça e compostos de fumaça) e hormônios (GA3, ácido salicílico). Uma desvantagem potencial da preparação das sementes é a redução do prazo de validade das sementes após o tratamento, em comparação com as sementes não tratadas.

Diretriz 19

- 19.1 Especificar o tipo de priming de sementes utilizado.
- 19.2 Duração do tratamento, condição (temperatura, potencial de água) e equipamento utilizado são relatados.
- 19.3 Se os promotores forem entregues às sementes via priming, o tipo de promotor usado (químico ou hormonal) e sua concentração são relatados.

Revestimento de sementes

O revestimento de sementes é a prática de aplicar material externo às sementes a fim de fornecer ingredientes ativos benéficos (protetores ou promotores de germinação) e regularizar a forma e o tamanho das sementes para melhorar o manuseio e a fluidez das sementes. Normalmente o revestimento de sementes é realizado em sementes únicas; no entanto, em algumas circunstâncias, podem ser produzidas múltiplas sementes em *pellets* (aglomerados). Neste caso, as unidades granuladas devem ser tratadas durante a avaliação da qualidade das sementes como unidades de sementes únicas, entretanto, o número médio de sementes por aglomerado deve ser relatado.

Diretriz 20

- 20.1 Indicar o tipo de revestimento de sementes aplicado.
- 20.2 Os materiais de revestimento (ligante e envasador) e equipamentos de revestimento utilizados são indicados nas notas.
- 20.3 Se forem utilizados promotores e protetores (fungicida, pesticida), eles são relatados e a concentração fornecida.
- 20.4 Para sementes revestidas, onde muitas sementes estão presentes em uma unidade (aglomerados), indicar o número médio de sementes em cada unidade.

COMO OS PADRÕES DE SEMENTES NATIVAS PODEM SER USADAS?

Os Padrões fornecem um guia prático, passo a passo, para garantir que cada passo na cadeia de fornecimento de sementes nativas seja robusto e baseado em evidências. O formato fornecido (Fig. 2), se adotado, resultará no desenvolvimento de um sistema robusto de gerenciamento de fornecimento de sementes e em combinação com bancos de dados on-line, permitirá o rastreamento de lotes de sementes através da cadeia de fornecimento, assegurando que as informações necessárias e relevantes sejam fornecidas e relatadas com precisão ao usuário final.

Entretanto, na maioria dos casos, não seria razoável esperar que o formato fosse fornecido com cada saco do lote de sementes, especialmente se as sementes forem vendidas em misturas, como é frequentemente o caso.

São fornecidas etiquetas abreviadas alternativas que são relevantes para sacos de sementes de uma única espécie (Fig. 11) e para misturas (Fig. 12).

Espécie: _____ . 

Número do lote: _____ . **Coletada em campo** Logotipo da empresa,
Peso do lote: _____ . dados de contato

Fonte das sementes Data de coleta: mês/ano. Local: estado/província, município, zona.

Semente Pura Viva SPV: _____	Acondicionamento Data do tratamento: <u>mês/ano.</u> Tratamento: <u>quebra de dormência, priming, revestimento.</u> Químicos: <u>nome e concentração.</u>
Semente Pura Germinável SPG: _____	

Espécie: _____ . 

Número do lote: _____ . **Cultivada** Logotipo da empresa,
Peso do lote: _____ . dados de contato

Fonte das sementes Data de coleta: mês/ano. Local: estado/província, município, zona.

Cultivo Local: estado/província, município, zona. Data de coleta: mês/ano. Geração: 1-5.

Semente Pura Viva SPV: _____	Acondicionamento Data do tratamento: <u>mês/ano.</u> Tratamento: <u>quebra de dormência, priming, revestimento.</u> Químicos: <u>nome e concentração.</u>
Semilla Pura Germinável SPG: _____	

Figura 11. Exemplo de rótulos aplicáveis à liberação no ponto de venda de sementes nativas. A etiqueta superior é para sementes coletadas diretamente na natureza e a etiqueta inferior para sementes derivadas de áreas de produção de sementes manejadas.

NOME DA MISTURA: ecossistema/comunidade de referência



Peso total da mistura de sementes: 5 Kg.

Data de elaboração: mês/ano

Logotipo da empresa,
dados de contacto

Nome da espécie	Lote	Cultivada	Fonte da sementes	Data de coleta/colheita	Acondicionamento*	SPV%	% do peso total	Peso (g)
<i>Espécie 1</i>	#	<i>SIM</i>	<i>Estado/província, município, zona de coleta</i>	<i>mês/ano</i>	<i>SIM</i>	<i>80</i>	<i>40</i>	<i>2,000</i>
<i>Espécie 2</i>	#	<i>SIM</i>	<i>Estado/província, município, zona de coleta</i>	<i>mês/ano</i>	<i>NÃO</i>	<i>60</i>	<i>30</i>	<i>1,500</i>
<i>Espécie 3</i>	#	<i>NÃO</i>	<i>Estado/província, município, zona de coleta</i>	<i>mês/ano</i>	<i>NÃO</i>	<i>75</i>	<i>15</i>	<i>750</i>
<i>Espécie 4</i>	#	<i>SIM</i>	<i>Estado/província, município, zona de coleta</i>	<i>mês/ano</i>	<i>NÃO</i>	<i>90</i>	<i>10</i>	<i>500</i>
<i>Espécie 5</i>	#	<i>NÃO</i>	<i>Estado/província, município, zona de coleta</i>	<i>mês/ano</i>	<i>SIM</i>	<i>45</i>	<i>5</i>	<i>250</i>

*Se aplicável, indicar o tipo de acondicionamento e se têm presença de químicos potencialmente nocivos
Espécie 1: Revestimento – incrustação com agente natural para dissuadir predadores (pimenta em polvo)
Espécie 5: Tratamento com água quente para quebrar dormência

Figura 12. Exemplo de etiqueta para uma mistura de sementes fornecidas.

CONCLUSÃO

Estes Padrões representam uma ferramenta prática para melhorar a confiabilidade de cada etapa da cadeia de fornecimento de sementes nativas. Elas visam atingir um equilíbrio entre o que são expectativas razoáveis de qualidade e garantias para o usuário final das sementes e o que é alcançável do ponto de vista prático e economicamente viável para os fornecedores de sementes. Espera-se que as 20 Diretrizes que formam a base para estes Padrões sejam modificadas e que Diretrizes adicionais sejam fornecidas em edições futuras dos Padrões. Agradecemos sugestões sobre melhorias, emendas e acréscimos a estas Diretrizes.

Este documento, e as especificações e declarações de rotulagem dentro dele, não são vinculativas, mas fornecem orientações claras aplicáveis a biomas globais e diferentes cenários sócio-econômicos. Ele foi projetado para ser acessível e prático para todos os envolvidos na coleta, produção e uso de sementes nativas. Um

benefício prático dos Padrões é o fornecimento de um rótulo "pronto para a indústria" (o "formato") que fornece um nível de consistência no que um usuário/comprador de sementes pode esperar de um lote de sementes nativas.

É importante que estes Padrões orientem os usuários através das qualidades e características das sementes nativas que muitas vezes são muito diferentes das regras desenvolvidas para espécies de cultivo, silvicultura, horticultura e forragem. A adaptação regional e local dos Padrões será necessária em muitos casos para refletir as qualidades e características das espécies, a demanda local por sementes nativas, a estrutura do mercado de sementes nativas e o ambiente regulatório. Se não houver regulamentos ou diretrizes sobre sementes nativas, esta norma é um modelo ideal para desenvolver uma estrutura regulatória. Estes Padrões podem ser usadas para informar as autoridades reguladoras sobre a distinção das sementes nativas e incentivar atualizações regulamentares para garantir o desenvolvimento sólido e sustentável das sementes nativas em conjunto com as indústrias de restauração ecológica futura e eficaz.

AGRADECIMENTOS

Esta publicação foi apoiada pelo governo australiano através do Centro de Treinamento em Transformação Industrial do Conselho Australiano de Pesquisa para a Restauração de Minas (Projeto Número ICI150100041). As opiniões aqui expressas são as dos autores e não são necessariamente as do governo australiano ou do Conselho Australiano de Pesquisa. Gostaríamos também de reconhecer o papel da Rede Internacional de Restauração Ecológica Baseada em Sementes pelo apoio e ajuda fornecidos durante o planejamento e preparação do manuscrito, os numerosos revisores informais e os revisores anônimos cujos comentários melhoraram muito a qualidade do manuscrito.

LITERATURA CITADA

Association of Official Seed Analysts (2019) AOSA Rules for seed testing: principles and procedures. <https://www.analyzeseeds.com/product/aosa-rules-volume-1-principles-procedures-2019/>

- Baskin CC, Baskin JM (2014) Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Second Edi. Elsevier Inc., San Diego
- Bower AD, Clair JB St., Erickson V (2014) Generalized provisional seed zones for native plants. *Ecological Applications* 24:913–919
- Bureau of Land Management (2018) Seeds of success. Technical protocol for the collection, study, and conservation of seeds from native plant species. <https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/uploads/SOS%20Protocol%206.20.18.pdf>
- Cross AT, Pedrini S, Dixon KW (2020) Foreword: International Standards for Native Seeds in Ecological Restoration. *Restoration Ecology* 28:S225–S227
- ENSCONET (2009a) Curation protocols & recommendations. https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/curation_protocol_english.pdf
- ENSCONET (2009b) Seed collecting manual. https://www.luomus.fi/sites/default/files/files/collecting_protocol_english.pdf
- Erickson VJ, Halford A (2020) Seed planning, sourcing, and procurement. *Restoration Ecology* 28:S219–S227
- FloraBank (1999) Native seed collection methods. https://www.greeningaustralia.org.au/wp-content/uploads/2017/11/FLORABANK-GUIDELINES_collection-methods.pdf
(Accessed 12 Mar 2020)
- Frischie S, Miller AL, Pedrini S, Kildisheva OA (2020) Ensuring seed quality in ecological restoration: native seed cleaning and testing. *Restoration Ecology* 28: S239-S248
- Gann GD, McDonald T, Walder B, Aronson J, Nelson CR, Jonson J, Hallett JG, Eisenberg C, Guariguata MR, Liu J, Hua F, Echeverría C, Gonzales E, Shaw N, Decler K, Dixon KW (2019) International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology* 27:S1–S46
- Guzzomi AL, Erickson TE, Ling KY, Dixon KW, Merritt DJ (2016) Flash flaming effectively removes appendages and improves the seed coating potential of grass florets. *Restoration Ecology* 24:S98–S105
- International Seed Testing Association (2019) International Rules for Seed Testing.
- Kildisheva OA, Dixon KW, Silveira FAO, Chapman T, Di Sacco A, Mondoni A, Turner SR, Cross AT (2020) Dormancy and germination: making every seed count in restoration. *Restoration Ecology* 28:S256–S265

- Long RL, Gorecki MJ, Renton M, Scott JK, Colville L, Goggin DE, Commander LE, Westcott DA, Cherry H, Finch-Savage WE (2015) The ecophysiology of seed persistence: A mechanistic view of the journey to germination or demise. *Biological Reviews* 90:31–59
- Mainz AK, Wieden M (2019) Ten years of native seed certification in Germany – a summary. *Plant Biology* 21:383–388
- Marin M, Toorop P, Powell AA, Laverack G (2017) Tetrazolium staining predicts germination of commercial seed lots of European native species differing in seed quality. *Seed Science and Technology* 45:151–166
- Merritt DJ, Dixon KW (2011) Restoration Seed Banks—A Matter of Scale. *Science* 332:424–425
- Native Seed Quality Task Force (2011) Native seed quality bulletin.
- Nevill PG, Cross AT, Dixon KW (2018) Ethical seed sourcing is a key issue in meeting global restoration targets. *Current Biology* 28:R1378–R1379
- Pedrini S, Balestrazzi A, Madsen MD, Bhalsing K, Hardegree SP, Dixon KW, Kildisheva OA (2020) Seed enhancement: getting seeds restoration-ready. *Restoration Ecology* 28:S266–S275
- Pedrini S, Gibson-Roy P, Trivedi C, Gálvez-Ramírez C, Hardwick K, Shaw N, Frischie S, Laverack G, Dixon K (2020) Collection and production of native seeds for ecological restoration. *Restoration Ecology* 28:S228–S238
- Pedrini S, Lewandrowski W, Stevens JC, Dixon KW (2019) Optimising seed processing techniques to improve germination and sowability of native grasses for ecological restoration Pritchard, H, editor. *Plant Biology* 21:415–424
- Ryan N, Laverack G, Powell A (2008) Establishing quality control in UK wildflower seed production. *Seed Testing International* 135:49–53
- Scotton M, Kirmer A, Krautzer B (2012) Practical handbook for seed harvest and ecological restoration of species-rich grasslands. Cleup, Padova, Italy
- Shaw N, Barak RS, Campbell RE, Kirmer A, Pedrini S, Dixon K, Frischie S (2020) Seed use in the field: delivering seeds for restoration success. *Restoration Ecology* 28:S276–S285
- Stevens J, Chivers I, Symons D, Dixon K (2015) Acid-digestion improves native grass seed handling and germination. *Seed Science and Technology* 43:313–317
- Tischew S, Youtie B, Kirmer A, Shaw N (2011) Farming for restoration: Building bridges for native seeds. *Ecological Restoration* 29:219–222

- De Vitis M, Abbandonato H, Dixon K, Laverack G, Bonomi C, Pedrini S (2017) The European Native Seed Industry: Characterization and Perspectives in Grassland Restoration. *Sustainability* 9:1682
- De Vitis M, Hay FR, Dickie JB, Trivedi C, Choi J, Fiegenger R (2020) Seed storage: maintaining seed viability and vigor for restoration use. *Restoration Ecology* 28:S249–S255
- Vogel KP (2002) The Challenge: High Quality Seed of Native Plants to Ensure Successful Establishment. *Seed Technology* 24:9–15