

Relações entre as variáveis das análises de sementes de espécies agrícolas

Rélia Rodrigues Brunet¹, Alessandro Dal' Col Lúcio¹

¹ Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Fitotecnia, Av. Roraima, 1000, Camobi, CEP 97105-900, Santa Maria-RS, Brasil. E-mail: reliabrunet@gmail.com; adlucio@ufsm.br

RESUMO

Os objetivos do trabalho foram avaliar as relações diretas e indiretas entre a germinação de plântulas normais e as demais variáveis das análises de sementes, identificar a contribuição relativa das variáveis das sementes, e promover o agrupamento das análises dentro de cada espécie agrícola. Foram usados resultados de 1.332 análises de sementes analisadas entre 2007 e 2014 obtidos dos arquivos do laboratório de sementes da Universidade Federal de Santa Maria. A análise de trilha confirmou a verdadeira associação e influência de sementes mortas na redução da germinação de *Oryza sativa*, *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum* e *Triticum aestivum*. Houve inexistência de relação casual e de efeitos diretos do percentual de material inerte, outras sementes e sementes duras/dormente sobre a germinação. A germinação apresenta maior representabilidade na explicação da variabilidade existente em *Lolium multiflorum* e *Triticum aestivum*. A análise de agrupamento discriminou as análises de sementes quanto à sua qualidade de lotes de sementes. Os grupos formados diferiram significativamente pela germinação, percentual de sementes mortas e de outras sementes em *Oryza sativa*, *Glycine max* e *Lolium multiflorum*, respectivamente.

Palavras-chave: análise multivariada; forrageiras; germinação; leguminosas; pureza

How the variables in crop species seed analysis are interrelated

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the direct and indirect relationships between normal seedling germination and other crop seed analysis variables, to identify the relative contributions of seed variables and combine analyses for each crop species. The study was based on the results of 1.332 seed analyses carried out between 2007 and 2014 obtained from the seed laboratory archives of the Universidade Federal de Santa Maria. Path analysis confirmed the true association and influence of dead seeds on the reduction of the germination of *Oryza sativa*, *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum* e *Triticum aestivum*. There was no casual relationship and direct effects of percentage of inert material, other seeds and dormant seed on germination. Germination is more representative in explaining the variability in *Lolium multiflorum* and *Triticum aestivum*. The cluster analysis of seed analysis discriminated against regarding your quality of seed lots. The groups differed significantly by germination, percentage of dead seeds and other seeds in *Oryza sativa*, *Glycine max* and *Lolium multiflorum*, respectively.

Key words: multivariate analysis; forage; germination; legumes; purity

Introdução

A qualidade das sementes é representada pelo somatório dos atributos genético, físico, fisiológico, além do sanitário (Popinigis, 1985), e também é um dos aspectos mais importantes para alcançar o esperado sucesso na lavoura.

Para a definição da qualidade, vários testes podem ser empregados e, dentre estes, destaca-se o de germinação que é rotineiramente realizado em laboratórios credenciados conforme a legislação de sementes e padrões de comercialização definidas pelas Instruções Normativas, cujos resultados são importantes para o controle interno de qualidade. Esse teste apresenta alto grau de confiabilidade para analistas e produtores de sementes sob o aspecto de reprodutibilidade dos resultados, dentro dos limites de tolerância apresentados nas Regras para Análises de Sementes (Brasil, 2009) e também como base na fiscalização do comércio, conforme a Lei de Sementes nº 10.711, de 05 de agosto de 2003, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças – SNSM (Brasil, 2003), regulamentada pelo Decreto 5.153, de 23 de julho de 2004 e a Instrução normativa nº 09, de 02 de junho de 2005, o qual estabelece normas para produção, comercialização e utilização de sementes.

Os testes de pureza, peso de mil sementes e a percentagem da umidade avaliam a qualidade física dos lotes de sementes (Brasil, 2009). Entretanto, Fortes et al. (2008) ressaltam que esses testes apresentam grande variabilidade nas informações obtidas quando avaliadas em diferentes espécies e, dentro de uma mesma espécie, podem variar de acordo com o genótipo, a procedência das sementes, o seu lote e o tempo de armazenamento em câmaras frias.

Assim, torna-se imprescindível o conhecimento dos fatores que interferem nas variáveis avaliadas nas análises de sementes, para que os resultados apresentem confiabilidade e representatividade ao lote de sementes para fins de semeadura, para o controle de qualidade na comercialização e maximização da produção, além de fornecer subsídios no desenvolvimento de novas pesquisas.

A quantificação e a interpretação da magnitude de relações entre variáveis observadas informam somente a associação entre elas. Com a utilização de técnicas estatísticas complementares mais informativas há a possibilidade de determinar as relações de causa e efeito entre as variáveis. Com essa finalidade, Wright (1921; 1923) propôs a análise de trilha, que desdobra as correlações de Pearson entre várias variáveis em seus efeitos diretos e indiretos sobre uma variável principal, cujas estimativas são obtidas via equações de regressão previamente padronizadas (Cruz & Regazzi, 1997; Cruz & Carneiro, 2006). Essa análise permite uma melhor compreensão sobre as relações diretas e indiretas entre variáveis, podendo ser utilizadas em diversas áreas de pesquisas, além do melhoramento genético, para indicar o tipo e o grau de relação entre variáveis, fornecendo condições de melhorias no planejamento e condução dos experimentos, bem como, uma melhor compreensão na identificação de variáveis que definem ou influenciam determinada característica de interesse (Lúcio, 1999).

Além deste método de análise estatística, a técnica dos componentes principais avalia a similaridade das variáveis com a observação da dispersão gráfica de dois eixos cartesianos, com intuito de resumir o conjunto de variáveis originais em poucos componentes e/ou a não utilização dos resultados de algumas variáveis que pouco expresse a discriminação do material avaliado (Cruz & Regazzi, 1997). O interesse por esta técnica deve-se a possibilidade de identificar a importância de cada parâmetro avaliado nas análises de sementes sobre a variação total disponível nos resultados obtidos em laboratório. Já a análise de agrupamento é utilizada quando se deseja identificar as similaridades entre variáveis, formando vários grupos de tal forma que exista homogeneidade dentro do grupo e heterogeneidade entre os grupos (Cruz & Regazzi, 1997).

Assim os propósitos do trabalho foram avaliar as relações diretas e indiretas entre a germinação de plântulas normais e as demais variáveis das análises de sementes; identificar a contribuição relativa das variáveis das análises de sementes e promover o agrupamento, por espécie, identificando as similaridades segundo algum critério de similaridade.

Material e Métodos

Foram utilizados os resultados de 1.332 análises de sementes realizadas entre 2007 e 2014 com *Oryza sativa* (724), *Avena strigosa* (87), *Lolium multiflorum* (113), *Glycine max* (327) e *Triticum aestivum* (81). Essas análises seguiram as Regras de Análises de Sementes (Brasil, 1992; Brasil, 2009) e compõem os arquivos do Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da Universidade Federal de Santa Maria.

Em cada análise realizou-se o levantamento de informações das sementes puras (% mínima), do material inerte (%), de outras sementes (% máxima), germinação de plântulas normais (PN, %), percentual de plântulas anormais (PA, %), sementes mortas (SM, %) e sementes duras/dormentes (SDD, %). A partir desses dados, em cada espécie, foi estimada a matriz de correlação de Pearson e realizado o diagnóstico da multicolinearidade entre as variáveis explicativas, a fim de manter na análise de trilha, apenas variáveis com baixo grau de multicolinearidade. Como critério de decisão, considerou-se multicolinearidade fraca entre as variáveis explicativas, quando o número de condição (NC) foi menor que 100, conforme classificação de Montgomery & Peck (1982). Nos casos em que a multicolinearidade foi maior ou igual a 100, foram eliminadas variáveis explicativas e realizado o diagnóstico de multicolinearidade novamente, até que o NC fosse menor que 100. A seguir realizou-se a análise de trilha (path analysis) descrito por Cruz & Regazzi (1997) e Cruz & Carneiro (2006), considerando a germinação de plântulas normais (PN, %) como variável dependente principal e as demais variáveis como sendo variáveis explicativas.

Posteriormente realizou-se a análise de componentes principais para a identificação das variáveis das análises de sementes que pouco predizem a variação total existente. O critério utilizado consistiu em escolher os componentes que explicavam aproximadamente 80% da variação existente e identificar as variáveis com menor predição nos primeiros componentes e maior nos últimos (Cruz & Regazzi, 1997),

possibilitando dimensionar a diversidade existente, além de, avaliar a importância de cada variável da análise de sementes sobre a variação total disponível entre os resultados das análises de sementes realizadas em laboratório. Também, para cada espécie, procedeu-se a análise de agrupamento pelo método Hierárquico Aglomerativo do vizinho mais distante (Complete Linkage), definindo-se a maior distância Euclidiana entre dois elementos. Essa técnica foi utilizada para explorar as similaridades entre as variáveis das análises de sementes e formar os grupos com maiores similaridades dentro e maior dissimilaridade entre grupos e, assim, facilitar na identificação de lotes de sementes que atendam aos padrões de produção e comercialização preconizados pela legislação brasileira. Para contornar problemas de escalas e medidas das variáveis, foram utilizados dados padronizados e, para contornar a influência do número de variáveis, utilizou-se a distância Euclidiana média (Cruz & Regazzi, 1997). Estimou-se a média aritmética dos parâmetros por grupo formado, realizando o teste t adotando o nível de 5% de probabilidade de erro.

As análises estatísticas foram efetuadas com o auxílio do software estatístico SAEG versão 9.1 (Ribeiro Júnior, 2001).

Resultados e Discussão

A variável sementes duras/dormentes foi observada apenas nos lotes de sementes das espécies *Oryza sativa* e *Glycine max*. Na análise de trilha manteve-se esta variável visando avaliar a sua real relação com a germinação destas espécies.

Em *Oryza sativa*, a dormência está relacionada a fatores intrínsecos, sendo variável entre as cultivares, os lotes de sementes, ano de produção, entre outros, e sua superação pode ser influenciada pelas condições de armazenamento, especialmente em temperaturas mais elevadas, como apresentado por Vieira et al. (2008), proporcionando o aumento significativo no percentual germinativo. Ainda, Menezes et al. (2009) ressaltam que a dormência em sementes de arroz varia entre cultivares, lotes, sementes, de ano para ano, situações que dificultam o estabelecimento de um método único e eficiente para a sua superação. Destacam na superação da dormência a pré-secagem e as radiações ultrassônicas.

Já em *Glycine max* predominou a ocorrência de sementes duras, podendo ser atribuída a fatores genéticos e ambientais (Donnelly, 1970). Esta característica torna as sementes menos susceptíveis aos danos mecânicos, a deterioração no campo e a infestações por microrganismos (Vieira et al., 1987).

As estimativas dos coeficientes de correlação linear entre material inerte (MI), outras sementes (OS), percentual de plântulas anormais (PA), sementes mortas (SM) e sementes duras/dormentes (SDD) sobre a germinação de plântulas normais (PN), apresentaram comportamentos similares entre as espécies estudadas. Coeficientes de correlação linear alto, significativo e de comportamento negativo foram observados entre PN x PA e PN x SM, evidenciando o que já era esperado, ou seja, que a germinação de um lote de sementes tende a ser maior quando há menor percentual de plântulas anormais e de sementes mortas. As demais variáveis apresentaram-se com coeficientes de baixa magnitude, em alguns casos não

significativos, indicando a inexistência de relação casual com a germinação (%) (Tabela 1).

A multicolinearidade foi classificada como moderada a severa, com valores do número de condições (NC) entre 101,77 e 96208,55, à exceção de *Lolium multiflorum*. Conforme Carvalho (1995), em presença de multicolinearidade, as variâncias associadas aos estimadores dos coeficientes de trilha podem atingir valores demasiadamente elevados, tornando os coeficientes pouco confiáveis. Além disso, as estimativas dos parâmetros podem assumir valores absurdos ou sem nenhuma coerência com o fenômeno biológico estudado. Para atenuar o grau da multicolinearidade, optou-se pela eliminação nas análises estatísticas da variável sementes puras. Assim o NC reduziu para valores inferiores a 100, permitindo a realização adequada da análise de trilha.

Tabela 1. Estimativa dos efeitos diretos e indiretos, do coeficiente de correlação de Pearson (r) e do coeficiente de determinação (R²) das variáveis material inerte (MI, %), outras sementes (OS, % máxima), percentual de plântulas anormais (PA, %), sementes mortas (SM, %) e sementes duras/dormentes (SDD, %) sobre a germinação de plântulas normais (PN, %) de espécies cultivadas de verão e inverno.

| Efeitos | OS | MI | PA | SM | SDD |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| <i>Oryza sativa</i> | | | | | |
| Direto sobre PN | 0,0012 | 0,0005 | -0,3478 | -0,8328 | -0,0757 |
| Indireto via MI | 0,0002 | -- | 0,0001 | 0,0001 | -0,0000 |
| Indireto via OS | -- | 0,0005 | 0,0001 | 0,0001 | -0,0000 |
| Indireto via PA | -0,0239 | -0,0508 | -- | -0,1034 | -0,0036 |
| Indireto via SM | -0,0308 | -0,1486 | -0,2475 | -- | -0,0426 |
| Indireto via SDD | 0,0001 | 0,0011 | -0,0008 | -0,0039 | -- |
| r | -0,0532 ^{ns} | -0,1973 [*] | -0,5959 [*] | -0,9399 [*] | -0,1219 [*] |
| R ² | 0,9990 | | | | |
| <i>Avena strigosa</i> | | | | | |
| Direto sobre PN | -0,0001 | 0,0022 | -0,2587 | -0,9624 | -- |
| Indireto via MI | 0,0008 | -- | 0,0001 | 0,0007 | -- |
| Indireto via OS | -- | -0,0000 | 0,0000 | -0,0000 | -- |
| Indireto via PA | -0,0492 | 0,0092 | -- | -0,0041 | -- |
| Indireto via SM | -0,2480 | -0,2888 | -0,0154 | -- | -- |
| Indireto via SDD | -- | -- | -- | -- | -- |
| r | -0,2965 [*] | -0,2774 [*] | -0,2740 [*] | -0,9658 [*] | -- |
| R ² | 0,9998 | | | | |
| <i>Lolium multiflorum</i> | | | | | |
| Direto sobre PN | -0,0062 | -0,0026 | -0,1182 | -0,9771 | -- |
| Indireto via MI | -0,0002 | -- | 0,0002 | -0,0002 | -- |
| Indireto via OS | -- | -0,0006 | -0,0017 | 0,0004 | -- |
| Indireto via PA | -0,0327 | 0,0113 | -- | -0,0159 | -- |
| Indireto via SM | 0,0664 | -0,0979 | -0,1313 | -- | -- |
| Indireto via SDD | -- | -- | -- | -- | -- |
| r | 0,0273 ^{ns} | -0,0898 ^{ns} | -0,2510 [*] | -0,9928 [*] | -- |
| R ² | 0,9997 | | | | |
| <i>Glycine max</i> | | | | | |
| Direto sobre PN | -0,0049 | -0,0012 | -0,7965 | 0,2982 | -0,0113 |
| Indireto via MI | -0,0004 | -- | -0,0001 | -0,0002 | -0,0000 |
| Indireto via OS | -- | -0,0014 | 0,0001 | -0,0009 | 0,0000 |
| Indireto via PA | 0,0219 | -0,0752 | -- | -0,4476 | -0,1264 |
| Indireto via SM | -0,0552 | -0,0574 | -0,1676 | -- | -0,0373 |
| Indireto via SDD | 0,0000 | -0,0005 | -0,0018 | -0,0014 | -- |
| Correlação | -0,0386 ^{ns} | -0,1357 [*] | -0,9659 [*] | -0,7483 [*] | -0,1750 [*] |
| R ² | 0,9949 | | | | |
| <i>Triticum aestivum</i> | | | | | |
| Direto sobre PN | 0,0031 | -0,0002 | -0,4136 | -0,7809 | -- |
| Indireto via MI | -0,0001 | -- | -0,0001 | -0,0000 | -- |
| Indireto via OS | -- | 0,0006 | 0,0007 | -0,0001 | -- |
| Indireto via PA | -0,0990 | -0,1458 | -- | -0,1402 | -- |
| Indireto via SM | 0,0249 | -0,1494 | -0,2646 | -- | -- |
| Indireto via SDD | -- | -- | -- | -- | -- |
| r | -0,0711 ^{ns} | -0,2948 [*] | -0,6776 [*] | -0,9212 [*] | -- |
| R ² | 0,9996 | | | | |

* significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste t; ^{ns} não significativo.

O desdobramento do coeficiente de correlação linear em efeito direto e indireto confirmou a relação de causa e efeito entre PN x PA e PN x SM (Tabela 1). A variável SM foi a que mais afetou a germinação dos lotes de sementes de *Oryza sativa*, *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum* e *Triticum aestivum*, explicado pela correlação linear e efeito direto iguais ou semelhantes, em magnitude e sinal, retratando a verdadeira associação existente entre estas variáveis.

Acredita-se que esses resultados possam ser atribuídos por causas específicas da deterioração da semente, pela presença de microrganismos, favorecida por impurezas apresentadas no recebimento das amostras de sementes. Além disso, os lotes analisados dessas espécies decorrem de diferentes procedências e anos de produção, com colheitas de sementes realizadas em diferentes estádios de maturação, manejo pós-colheita, dentre outros. Infere-se também a utilização de sementes produzidas pelos produtores da região, especialmente em *Lolium multiflorum*, onde se tem poucas cultivares melhoradas, resultando no comércio de sementes de qualidade baixa qualidade física, genética e sanitária.

Nas análises das sementes de *Glycine max*, o percentual de PN esteve associado negativamente ao desenvolvimento de anormalidades nas plântulas, com efeito direto alto e de mesmo sinal (-0,7965). Com importância secundária, destaca-se a relação entre PN x SM que apresentou efeito direto positivo (0,2982), contrário ao sinal da correlação (-0,7483), sendo influenciada indiretamente, tanto em magnitude como no sentido da correlação pela variável PA (Tabela 1). Diferentemente de *Oryza sativa*, *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum* e *Triticum aestivum*, acredita-se que a menor ocorrência de sementes mortas nas análises de sementes de *Glycine max*, deva-se dentre outros fatores, a tecnologia de produção, ao desenvolvimento de pesquisas com relação a novas cultivares, e ao maior controle de qualidade das sementes. Lúcio et al. (2007) observaram que a percentagem de germinação de plântulas normais em espécies florestais possui maiores relações significativas com o peso de mil sementes, umidade das sementes e percentagem de sementes mortas.

As variáveis MI, OS e SDD apresentaram coeficientes de correlação linear de baixa magnitude sobre PN, com oscilações de sinais positivos e negativos, confirmando a inexistência de relação casual e de efeitos diretos consideráveis sobre PN (Tabela 1). Além disso, a maior parte da correlação obtida nestas variáveis foi explicada pelos efeitos indiretos via SM e PA.

Na análise de componentes principais observou-se que as variáveis SP, MI, PN e SM apresentaram altos pesos nos primeiros componentes em todas as espécies, mostrando assim, a sua importância na explicação da variação total dos resultados das análises de sementes. Dentre elas destaca-se a PN com contribuição de 29% em *Lolium multiflorum* e *Triticum aestivum*. Já a variável OS chegou a contribuir com 39,5% em *Avena strigosa* (Tabela 2). No trabalho desenvolvido por Fortes et al. (2008) confirmaram que as variáveis plântulas normais (PN) e percentagem de sementes mortas (SM) foram as mais representativas na variabilidade existente nos dados de análises de sementes de espécies florestais nativas.

Tabela 2. Porcentagens de contribuições na variabilidade total e valores médios nos grupos formados para as variáveis sementes puras (SP, % mínima), outras sementes (OS, % máxima), material inerte (MI, %), plântulas normais (PN, %), plântulas anormais (PA, %) e sementes mortas (SM, %) nas análises de sementes de diferentes espécies agrícolas.

| | SP | OS | MI | PN | PA | SM |
|---------------------------|------|------|------|------|-----|------|
| <i>Oryza sativa</i> | | | | | | |
| Contribuição | 16,8 | 16,5 | 26,7 | 21,0 | 0,0 | 19,0 |
| Grupo I | 99,6 | 0,0 | 0,4 | 82 | -- | 13 |
| Grupo II | 99,9 | 0,0 | 0,1 | 22 | -- | 74 |
| <i>Avena strigosa</i> | | | | | | |
| Contribuição | 15,4 | 39,3 | 30,3 | 6,0 | 0,0 | 9,0 |
| Grupo I | 98,4 | 0,7 | 0,9 | 86 | -- | 10 |
| Grupo II | 94,8 | 0,6 | 4,5 | 96 | -- | 3 |
| Grupo III | 97,2 | 1,2 | 1,6 | 2 | -- | 95 |
| <i>Lolium multiflorum</i> | | | | | | |
| Contribuição | 15,4 | 9,7 | 27,9 | 29,0 | 0,0 | 18,0 |
| Grupo I | 94,3 | 0,6 | 5,6 | 72 | -- | 26 |
| Grupo II | 87,6 | 10,8 | 1,6 | 82 | -- | 14 |
| <i>Glycine max</i> | | | | | | |
| Contribuição | 26,4 | 0,0 | 32,6 | 16,0 | 0,0 | 25,0 |
| Grupo I | 86,2 | -- | 13,6 | 60 | -- | 23 |
| Grupo II | 97,1 | -- | 2,9 | 88 | -- | 2 |
| <i>Triticum aestivum</i> | | | | | | |
| Contribuição | 23,4 | -- | 21,6 | 29,0 | 0,0 | 26,0 |
| Grupo I | 99,0 | -- | 0,1 | 80 | -- | 9 |
| Grupo II | 99,5 | -- | 0,5 | 88 | -- | 6 |
| Grupo III | 99,5 | -- | 0,5 | 79 | -- | 16 |
| Grupo IV | 99,0 | -- | 1,0 | 96 | -- | 3 |
| Grupo V | 99,9 | -- | 0,1 | 79 | -- | 17 |
| Grupo VI | 98,6 | -- | 1,4 | 82 | -- | 10 |
| Grupo VII | 98,8 | -- | 1,2 | 85 | -- | 12 |

Para *Oryza sativa* constatou-se após o agrupamento a formação de dois grupos, sendo o Grupo I destacando-se pela composição de lotes mais homogêneos. Na análise de componentes principais verificou-se maior contribuição de MI (26,7%) seguido por PN (21%). Destaca-se, também, a contribuição considerável de SM (19%) (Tabela 2).

Houve diferença significativa em PN e SM do grupo I e II de *Oryza sativa*, com uma superioridade significativa da qualidade de sementes dos lotes do grupo I com germinação de 82%. Em contrapartida, o Grupo II apresentou maior média de SM (74%), podendo o lote de sementes ser descartado para a produção e comercialização por não se enquadrarem aos padrões mínimos exigidos pela legislação de 80% (Brasil, 2013) (Tabela 2). Pereira et al. (2012), verificaram que a remoção de impurezas do lote de sementes de arroz, e a separação de sementes mal formadas e danificadas durante o beneficiamento, possibilitou o aumento significativo na percentagem de germinação de sementes.

Houve a formação de três grupos em *Avena strigosa*. As variáveis SP, OS e MI explicaram 85% das variações existentes nas sementes dessa espécie (Tabela 2). Entretanto, o lote de sementes do Grupo II apresentou percentual de sementes puras abaixo ao preconizado por lei (Brasil, 2016), corroborando com os resultados obtidos por Holbig et al. (2011), no qual observaram valores acima de 98%. Já os Grupos I e II apresentaram valores de pureza física aceitáveis. No que se refere à germinação de plântulas normais, os valores foram superiores a 80% nos Grupos I e II, estando em conformidade

com a legislação vigente (Brasil, 2016). Ainda, o Grupo III destacou-se por apresentar de baixa qualidade (Tabela 2).

Em *Lolium multiflorum* o Grupo II diferiu estatisticamente do Grupo I quanto a OS, apresentando maior média para essa variável (10,8), indicando possíveis falhas no processo de beneficiamento das sementes. Para as demais variáveis não houve diferenças significativas pelo teste t. Apesar da diferença estatística não ficar evidenciada, esse grupo apresentou um desempenho melhor quanto à germinação (82%) quando comparado ao grupo I (72%). Observou-se, também, que PN seguido por MI explicaram 57% das variações existentes das sementes dessa espécie (Tabela 2). Vale ressaltar que as médias de sementes puras, em ambos os grupos, apresentaram-se abaixo do padrão mínimo exigido pela legislação que é de 97% (Brasil, 2016), concordando com os estudos desenvolvidos por Holbig et al. (2011) e Ohlson et al. (2011) que identificaram o mesmo comportamento.

Ao contrário das sementes de culturas de lavoura como arroz, soja, milho e feijão, as sementes de forrageiras, quando não se enquadram aos padrões mínimos vigentes, não apresentam uso alternativo e não pode ser comercializada como grãos, apresentando-se como único destino o descarte (Souza, 2003). Das 111 amostras analisadas no laboratório LAS/UFMS, apenas 57% apresentaram valores superiores ao padrão mínimo de germinação de 70%, preconizado pela legislação brasileira (Brasil, 2016). No trabalho desenvolvido por Marchezan et al. (2001), observaram em 117 amostras de lotes de sementes de arroz coletadas na região de Santa Maria/RS, que 55% dos produtores avaliados utilizaram sementes próprias para instalação de suas lavouras e apenas 10% fizeram uso de sementes fiscalizadas e/ou básicas. Os demais produtores compram semente via comércio em geral, principalmente de vizinhos, ou não informaram a procedência dela.

As exigências para a produção e comercialização de sementes forrageiras, que até a safra de 2017/2017 estão estabelecidas pela Instrução Normativa nº 25 (IN 22/2005), de 16 de dezembro de 2005, passam a ser definidas pela Instrução Normativa nº 44 (IN 44/2016), de 22 de novembro de 2016. Dentre as modificações realizadas IN 44/2016 (Brasil, 2016), destaca-se para a espécie *Lolium multiflorum*, a redução do valor mínimo de sementes puras para 95% na categoria S2, enquanto que as demais categorias C1, C2 e S1 permaneceram com os valores previstos na legislação anterior IN 22/2005 de 97% (Brasil, 2005). A porcentagem mínima de germinação não foi alterada, permanecendo os valores de 60% para sementes básica e 70% para as categorias C1, C2, S1 e S2 (Brasil, 2016).

Visando melhorias na qualidade de sementes de espécies forrageiras, incluindo *Lolium multiflorum*, torna-se imprescindível o cumprimento da legislação de produção e comercialização, associado ao investimento em pesquisas, especialmente no conhecimento de caracteres agrônômicos a serem melhorados, a conscientização aos produtores sobre a importância de se usarem sementes de alta qualidade, e a adoção de um controle de qualidade dinâmico e eficaz em todas as fases de produção.

Na análise dos componentes principais, as variáveis SP, MI e SM explicaram 84% do agrupamento da espécie *Glycine max*, mostrando sua importância para a formação dos grupos.

Foram formados dois grupos, sendo que o Grupo I destacou-se pela heterogeneidade apresentada. O Grupo II apresentou-se como mais homogêneo diferindo estatisticamente do Grupo I e com médias superiores para SP (97,1%) e PN (88%). Além disso, no Grupo II ocorreu um menor volume de material inerte (2,9%), expressando-se com lotes de sementes de melhor qualidade (Tabela 2). Sementes de baixa qualidade comprometem o estabelecimento do estande adequado de plantas e o seu potencial de armazenamento. Além disso, podem se associar a alterações na competição de plantas, pois plântulas emergidas mais cedo apresentam vantagem sobre aquelas com emergência atrasada pelos recursos do meio (água, luz, nutrientes, dentre outros). Plântulas que emergem tardiamente podem não sobreviver até a maturidade, e as que conseguem prosseguir o seu desenvolvimento podem contribuir para a redução da produção, consequentemente, prejuízos econômicos ao produtor (Tekrony & Egli, 1991).

Para *Triticum aestivum* ocorreram contribuições consideráveis nos primeiros componentes de todas as variáveis, destacando-se a variável PN com 29%, seguida por SM com 26%. A formação dos grupos foi mais complexa, com o Grupo II apresentando em sua composição lotes mais homogêneos (Tabela 2). Uma das causas desse maior número de grupos deve-se às diferentes procedências e safras dos lotes recebidos e analisados no laboratório, as colheitas de sementes realizadas em diferentes estádios de maturidade, ao manejo pós-colheita, em relação à secagem, beneficiamento e armazenamento das sementes. Além disso, o percentual germinativo abaixo do padrão mínimo (79%) exigido pela legislação para a produção e comercialização de sementes (80%), especificamente nos Grupos III e V, contribuiu para essa situação. Os demais grupos abrangeram lotes de sementes com germinação superior a 80%, sendo o Grupo IV o de sementes de melhor qualidade (96%). Destaca-se também nos setes grupos formados de *Triticum aestivum*, o percentual de sementes puras com resultados acima de 99% estando em conformidade ao preconizado pela legislação (98%) e reduzida quantidade de impurezas nos grupos I e V (0,1 %, respectivamente) (Tabela 2), indicando que o processo de limpeza realizado nas sementes foi eficiente.

Conclusões

As variáveis de maiores relevâncias e associações significativas com a germinação das sementes de *Oryza sativa*, *Avena strigosa*, *Lolium multiflorum*, *Triticum aestivum* e *Glycine max* foram sementes mortas e percentual de plântulas anormais.

A germinação das sementes apresentou maior representabilidade e contribuição na explicação da variabilidade existente nos resultados das análises de sementes de *Lolium multiflorum* e *Triticum aestivum*. Em *Oryza sativa* e *Glycine max* destaca-se o percentual de material inerte, apresentando importância secundária em *Avena strigosa*.

A análise de agrupamento discriminou as análises de sementes quanto à sua qualidade de lotes de sementes. Os grupos formados diferiram significativamente pela germinação, percentual de sementes mortas e de outras sementes em *Oryza sativa*, *Glycine max* e *Lolium multiflorum*, respectivamente.

Agradecimentos

À Universidade Federal de Santa Maria - UFSM e Laboratório de Análise de Sementes (LAS), pela oportunidade do estágio de pós-doutoramento e ao auxílio para a realização desta pesquisa.

Literatura Citada

- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 25, de 16 de dezembro de 2005. Estabelece normas específicas e padrões de identidade e qualidade para a produção e comercialização de sementes de algodão, arroz, aveia, avevém, feijão, girassol, mamona, milho, soja, sorgo, trevo vermelho, trigo, trigo duro, triticale e feijão caupi, constantes dos Anexos I a XIV. Diário Oficial da União, n. 243, seção 1, p.18-27, 2005. <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2012/10/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%BA-25-de-16-de-dezembro-de-2005-Padr%C3%B5es-Nacionais-de-Sementes.pdf>. 06 Set. 2014.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 44, de 22 de novembro de 2016. Ficam estabelecidas as normas de produção e os padrões de identidade e qualidade de sementes de espécies forrageiras de clima temperado a partir da Safra 2017/2017. Diário Oficial da União, n. 230, seção 1, p.8-11, 2016. http://www.lex.com.br/legis_27233756_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_44_DE_22_NOVEMBRO_DE_2016.aspx. 20 Mai. 2017.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n. 45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece os padrões de identidade e qualidade para a produção e comercialização de diversas sementes, incluindo de grandes culturas inscritas no Registro Nacional de Cultivares – RNC e não contempladas com padrão específico, a partir da safra 2013/2014). Diário Oficial da União, n. 181, seção 1, p.16-37, 2013. <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2012/10/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%BA-45-de-17-de-Setembro-de-2013-Padr%C3%B5es-de-Identidade-e-Qualidade-Prod-e-Comerc-de-Sementes-Grandes-Culturas-Republica%C3%A7%C3%A3o-DOU-20.09.13.pdf>. 06 Set. 2014.
- Brasil. Lei n. 10.711, de 5 de agosto de 2003. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências. Diário Oficial da União, n. 150, seção 1, p.1-4, 2003. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2003/L10.711.htm. 06 Set. 2014.
- Brasil. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992. 365p.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução normativa n. 09, de 02 de junho de 2005. Aprova as normas para produção, comercialização e utilização de sementes. Diário Oficial da União, n. 110, seção 1, p.4-26, 2005. <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2012/10/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-n%C2%BA-9-de-2-de-julho-de-2005-Aprova-as-normas-para-produ%C3%A7%C3%A3o-comercializa%C3%A7%C3%A3o-e-utiliza%C3%A7%C3%A3o-de-sementes.pdf>. 06 Set. 2014.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 399p.
- Carvalho, S.P. de. Métodos alternativos de estimação de coeficientes de trilha e índices de seleção, sob multicolinearidade. Viçosa: UFV, 1995. 163p.
- Cruz, C.D.; Carneiro, P.C.S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. 585p.
- Cruz, C.D.; Regazzi, A.J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2. ed. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.
- Donnelly, E.D. Persistence of hard seed in Vicia lines derived from interspecific hybridization. *Crop Science*, v.10, n. 6, p.661-662, 1970. <https://doi.org/10.2135/cropsci1970.001183X001000060015x>.
- Fortes, F.O.; Lúcio, A.D.; Lopes, S.J.; Carpes, R.H.; Silveira, B.D. da. Agrupamento em amostras de sementes de espécies florestais nativas do estado do Rio Grande do Sul - Brasil. *Ciência Rural*, v.38, n.6, p.1615-1623, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000600019>.
- Holbig, L.S.; Harter, F.S.; Galina, S.; Deuner, C.; Villela, F. Diferenças na qualidade física e fisiológica de sementes de aveia preta e avevém comercializadas em duas regiões do Rio Grande do Sul. *Revista da FZVA*, v.18, n.2, p.70-80, 2011. <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fzva/article/view/8987/0>. 08 Set. 2014.
- Lúcio, A.D. Erro experimental relacionado às características dos ensaios nacionais de competição de cultivares. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal, 1999. 73p. Tese Doutorado.
- Lúcio, A.D.; Fortes, F.O.; Lorentz, L.H.; Lopes, S.J.; Storck, L. Relações entre variáveis nas análises de sementes de espécies florestais nativas do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v.37, n.3, p.697-704, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782007000300015>.
- Marchezan, E.; Menezes, N.L.; Siqueira, C.A. Controle da qualidade das sementes de arroz irrigado utilizadas em Santa Maria/RS. *Ciência Rural*, v.31, n.3, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782001000300002>.
- Menezes, N.L.; Franzin, S.M.; Bortolotto, R.P. Dormência em sementes de arroz: causas e métodos de superação. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, v.7, n.1, p.35-44, 2009. http://www.unemat.br/revistas/rcaa/docs/vol7/4_artigo_v7.pdf. 08 Set. 2014.
- Montgomery, D.C.; Peck, E.A. Introduction to linear regression analysis. New York: John Wiley & Sons, 1982. 504p.
- Ohlson, O.C.; Grzybowski, C.R.S.; Silva, B.A.da.; Nogueira, J.L.; Panobianco, M. Análise exploratória de dados: qualidade de sementes de avevém comercializadas no estado do Paraná. *Informativo Abrates*, v.21, n.3, 2011. <http://www.abrates.org.br/images/stories/informativos/v21n3/artigo05.pdf>. 08 Set. 2014.
- Pereira, C.E.; Albuquerque, K.S.; Oliveira, J.A. Qualidade física e fisiológica de sementes de arroz ao longo da linha de beneficiamento. *Semina: Ciências Agrárias*, v.33, suplemento 1, p.2995-3002, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n6Sup1p2995>.
- Popinigis, F. Fisiologia da semente. 2.ed. Brasília: [s.n.], 1985. 289 p. <http://www.popinigis.net/docs/Fisiologia%20Sementes%20Popinigis.pdf>. 08 set. 2014.

- Ribeiro Júnior, J.I. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa: UFV, 2001. 301p.
- Souza, F.H.D. As sementes de forrageiras como agronegócio no Brasil. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2003. 6p. (Comunicado Técnico, 45).
- Tekrony, D.M.; Egli, D. B. Relationship of seed vigor to crop yield: a review. *Crop Science*, v.31, n. 3, p.816-822, 1991. <https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100030054x>.
- Vieira, A.R.; Oliveira, J.A.; Guimarães, R.M.; Pinho, E.V.R.V.; Pereira, C.E.; Clemente, A.C.S. Marcador isoenzimático de dormência em sementes de arroz. *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.1, p.81-89, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000100011>.
- Vieira, R.D.; Aranha, L.R.S.; Athayde, M.L.F.; Banzatto, D.A. Produção, características agronômicas e qualidade fisiológica de sementes de cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Científica*, v.15, n.1, p.127-136, 1987.
- Wright, S. Correlation and causation. *Journal of Agricultural Research*, v.20, n. 7, p. 557-585, 1921. <https://naldc.nal.usda.gov/naldc/download.xhtml?id=IND43966364&content=PDF>. 08 Set. 2014.
- Wright, S. The theory of path coefficients – a replay to Niles' criticism. *Genetics*, v.8, n. 3, p. 239-255, 1923. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1200747/pdf/239.pdf>. 08 Set. 2014.