UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES

CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

CONTROLE DE QUALIDADE SEQUENCIAL BAYESIANO PARA ESTIMAÇÃO DA VIABILIDADE EM SEMENTES DE SOJA ATRAVÉS DO TESTE DE TETRAZÓLIO

BRUNA CARDOSO BRAGA

SÃO JOÃO DEL REI –MG

DEZEMBRO DE 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO JOÃO DEL REI

CAMPUS TANCREDO DE ALMEIDA NEVES

CURSO DE BACHARELADO EM ZOOTECNIA

CONTROLE DE QUALIDADE SEQUENCIAL BAYESIANO PARA ESTIMAÇÃO DA VIABILIDADE EM SEMENTES DE SOJA ATRAVÉS DO TESTE DE TETRAZÓLIO

BRUNA CARDOSO BRAGA

Zootecnista

SÃO JOÃO DEL REI–MG

DEZEMBRO DE 2017

BRUNA CARDOSO BRAGA

CONTROLE DE QUALIDADE SEQUENCIAL BAYESIANO PARA ESTIMAÇÃO DA VIABILIDADE EM SEMENTES DE SOJA ATRAVÉS DO TESTE DE TETRAZÓLIO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Zootecnia, da Universidade Federal de São João Del Rei-*Campus* Tancredo de Almeida Neves, como parte das exigências para a obtenção do diploma de Bacharel em Zootecnia.

Orientador: Carla Regina Guimarães Brighenti (*UFSJ/CTAN*)

SÃO JOÃO DEL REI–MG

DEZEMBRO DE 2017

BRUNA CARDOSO BRAGA

CONTROLE DE QUALIDADE SEQUENCIAL BAYESIANO PARA ESTIMAÇÃO DA VIABILIDADE EM SEMENTES DE SOJA ATRAVÉS DO TESTE DE TETRAZÓLIO

Defesa Aprovada pela Comissão Examinadora em : 07/12/2017

Comissão Examinadora:

Mariana Resende

Msc. Mariana Resende

Doutoranda

Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Alexandre de Oliveira Teixeira

Universidade Federal de São João Del Rei

Curso de Bacharelado em Zootecnia/ *Campus* Tancredo de Almeida Neves

C.R.Guimarães Brighenti

Profa. Drª. Carla Regina Guimarães Brighenti

Universidade Federal de São João Del Rei

Curso de Bacharelado em Zootecnia/ *Campus* Tancredo de Almeida Neves

Presidente

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

A minha mãe, Alessandra, pelo amor, paciência e incentivo. Ao meu pai, Antonio, que sempre foi minha maior fonte de inspiração e força. Sou grata a vocês por acreditarem e apoiarem meu sonho.

Ao meu irmão Filipe, que sempre me apoiou e incentivou nas horas difíceis.

A minha orientadora Carla Regina Guimarães Brighenti, pela oportunidade oferecida, incentivo, credibilidade e confiança depositados. Obrigada pela compreensão, pela amizade, conselhos e dedicação ao longo destes anos.

Agradeço a todos os amigos que fizeram meu mundo melhor; que me acompanharam, choraram, riram, sentiram, participaram, aconselharam, dividiram as suas companhias, os seus sorrisos, as suas palavras. Pelas agradáveis lembranças que serão eternamente guardadas no coração.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS ____ v
LISTA DE TABELAS ____ vii
RESUMO ____ viii
ABSTRACT ____ ix
INTRODUÇÃO ____ 10
REVISÃO DE LITERATURA ____ 11
1. Sementes de soja ____ 11
2. Teste tetrazólio ____ 16
2.1. Fatores afetam a qualidade da semente de soja ____ 18
3. Planos de amostragem ____ 23
3.1. Amostragem de tamanho fixo ____ 23
3.2. Curva Característica de Operação (CCO) ____ 25
4. Estimação Sequencial ____ 26
5. Análise Bayesiana ____ 28
6. Estimação Sequencial Bayesiana ____ 28
MATERIAIS E MÉTODOS ____ 31
1. Obtenção de dados ____ 31
2. Análise Descritiva dos dados de viabilidade de soja ____ 32
3. Estimação tradicional da viabilidade de sementes de soja ____ 33
4. Estimação sequencial ____ 34
5. Estimação Sequencial Bayesiana ____ 35
5.1. Distribuição a Priori ____ 37
5.2. Critério de Parada e Estimação no Procedimento Sequencial ____ 38
6. Comparação dos métodos de estimação ____ 39
6.2. Correlação e regressão ____ 41
RESULTADOS E DISCUSSÃO ____ 42
1. Análise Descritiva dos dados de viabilidade de soja ____ 42
2. Estimação tradicional da viabilidade da semente de soja ____ 44
3. Estimação sequencial ____ 47
4. Estimação Sequencial Bayesiano ____ 54
4.1. Critério de parada ____ 54
4.2. Seleção de priori Beta ____ 59
5. Comparação dos métodos de estimação ____ 62
5.1. Avaliação em relação ao nível de tolerância ____ 62

5.2. Correlação e regressão 64
CONCLUSÕES 65
ANEXOS 66
Anexo A-Script do R para a regressão e correlação 66
Anexo B- Script do R para curvas de priori, verossimilhança e posteriori 66
Anexo C- Script do R para Intervalo de Confiança 67
Anexo D- Tabela de resultados do teste por semente considerando (1) viável e (0) inviável 67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Semente de soja apresentando incidência de dano mecânico imediato, identificado pelo teste de tetrazólio. Londrina, PR, 2007	18
Figura 2	Sementes de soja com problemas de deterioração por umidade identificada pelo teste de tetrazólio. Londrina, PR, 2007.	19
Figura 3	Sementes de soja com problemas de lesões de dano de percevejo, identificados pelo teste de tetrazólio. Londrina, PR, 2007.	20
Figura 4	Curva Característica de Operação.	24
Figura 5	Semente de soja viável (A) e não viável (B).	31
Figura 6	Página inicial do Programa de Estimação Sequencial Bayesiana onde se decide os parâmetros do teste.	33
Figura 7	Percentual médio da viabilidade das sementes.	41
Figura 8	Classificação das Sementes de acordo com tipo de defeito.	42
Figura 9	Representação do Intervalo de Confiança dos resultados do Teste tradicional.	45
Figura 10	Representação da CCO do teste tradicional com tamanho amostral de 200 sementes.	46
Figura 11	Plano de amostragem sequencial, onde se pode rejeitar ou aceitar o lote de sementes ou continuar a amostragem.	47
Figura l2	Representação do Intervalo de Confiança dos resultados do Teste Sequencial.	49
Figura 13	Script do R para a construção do plano de amostragem sequencial.	50
Figura 14	Representação das CCO com base no tamanho final da amostra (decisão entre lote viável ou inviável) do teste Sequencial.	52
Figura 15	Tela dos dos dados registrados após a avaliação das sementes.	55
Figura 16	Programa de Estimação Sequencial Bayesiana apresentando os resultados do lote 1.	56
Figura l7	Representação do Intervalo de Credibilidade dos resultados do Teste Sequencial Bayesiano.	58
Figura 18	Gráficos representando as curvas da priori, verossimilhança e posteriori para os nove lotes de sementes de soja.	60
Figura 19	Representação das CCO com base no número de parada (decisão	61

entre lote viável ou inviável) do teste Sequencial Bayesiano.
Figura 20 Diagrama de dispersão das estimativas das proporções obtidas pelos testes: Tradicional x Sequencial (A); Bayesina x Sequencial (B) e Bayesina x Tradicional (C). 63
Figura 21 Comparação das percentagens médias de viabilidade das sementes de soja entre os testes 64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Calendário agrícola da soja nos principais países produtores, e no Brasil, nas principais regiões.	13
Tabela 2	Alcance máximo tolerado entre estimativas das subamostras ou dos diferentes métodos de avaliação.	33
Tabela 3	Contagem de sementes de soja viáveis e inviáveis (por tipo de defeito) e suas percentagens (%) em uma amostra de tamanho 200.	42
Tabela 4	Porcentagens de viabilidade dos lotes de sementes de soja (%) estimados pelo método tradicional.	44
Tabela 5	Porcentagens de viabilidade de lotes de sementes de soja (V) estimados pelo método sequencial, com seus respectivos tamanhos amostrais finais (N) e decisões sobre aceitação (A) ou rejeição (R) dos lotes.	50
Tabela 6	Percentagem da viabilidade de germinação de lotes de sementes de soja (%) estimados pelo método sequencial bayesiano, considerando um custo de 10^{-7} e uma proporção de 80%, e o respectivo intervalo de credibilidade.	57
Tabela 7	Avaliação em relação ao nível de tolerância entre as percentagens de viabilidade de germinação de lotes de sementes de soja (%) estimados pelo método tradicional, sequencial e sequencial bayesiano.	62
Tabela 8	Correlação e retas de regressão entre os testes sequencial e bayesiano e entre o teste tradicional e bayesiano.	63

RESUMO

A soja está inserida economicamente como uma das principais culturas produzidas. Uma das principais prioridades para o sucesso da cultura da soja é a produção de sementes de alta qualidade. Para a avaliação da qualidade fisiológica de um lote de sementes, o teste de tetrazólio tem sido considerado como uma alternativa promissora, devido à rapidez e à eficiência na caracterização da viabilidade. A redução dos custos mediante obtenção de amostras representativas do lote sempre foi o objetivo do processo de amostragem. Um modo de reduzir o tempo de amostragem, e consequentemente diminuir os custos é através da amostragem sequencial, a importância desta amostragem está na possibilidade de redução do tamanho da amostra do teste, igualdade de riscos na tomada de decisão e confiança nos dados obtidos. Contudo, a validação do plano de amostragem sequencial depende de aspectos regionais e sazonais. Uma maneira de incorporar as informações referentes a esses aspectos é atualizar o plano de amostragem por meio de técnicas Bayesianas, incorporando uma informação *a priori*. Objetivou-se com este trabalho utilizar a abordagem sequencial bayesiana para estimar a proporção de viabilidade de germinação, através do teste de tetrazólio, em lotes de sementes da soja. A utilização da análise sequencial bayesiana para controle de qualidade da viabilidade de sementes de soja através do teste de tetrazólio permitiu reduzir o tamanho amostral em mais de 50%. Dos nove lotes avaliados, sete deles alcançaram o limite mínimo de viabilidade de germinação de 80%. A utilização do critério de tolerância para comparação dos resultados de testes de viabilidade de sementes considerando a amostragem fixa, sequencial e sequencial bayesiano mostrou-se adequado. Houve concordância entre os métodos em 100% dos casos avaliados.

PALAVRAS CHAVE: amostragem sequencial, critério de tolerância, estimação sequencial bayesiano, viabilidade de sementes de soja

ABSTRACT

Soy is economically inserted as one of the main crops produced. One of the top priorities for the success of soybeans is the production of high quality seeds. For the evaluation of the physiological quality of a batch of seeds, the tetrazolium test has been considered as a promising alternative due to the speed and efficiency in the characterization of viability. Reducing costs by obtaining samples representative of the lot has always been the aim of the sampling process. One way of reducing sampling time and consequently reducing costs is through sequential sampling, the importance of this sampling is in the possibility of reducing the sample size of the test, equal risks in decision making and confidence in the data obtained. However, the validation of the sequential sampling plan depends on regional and seasonal aspects. One way of incorporating the information related to these aspects is to update the sampling plan through Bayesian techniques, incorporating information a priori. The objective of this work was to use the Bayesian sequential approach to estimate the proportion of germination viability of tetrazolium in soybean seed lots. The use of Bayesian sequential analysis to control the quality of soybean viability through the tetrazolium test allowed a reduction of the sample size by more than 50%. Of the nine lots evaluated, seven of them reached the minimum germination viability threshold of 80%. The use of the tolerance criterion to compare the results of seed viability tests considering fixed, sequential and Bayesian sequential sampling was adequate. There was agreement between the methods in 100% of the evaluated cases.

KEY WORDS: sequential sampling, tolerance criterion, Bayesian sequential estimation, soybean viability

INTRODUÇÃO

A soja recebe o papel de principal oleaginosa produzida e consumida, tanto para o consumo animal, através do farelo da soja, quanto para o consumo humano, através do óleo. Para que a semente de soja seja considerada de alta qualidade, deve possuir características como altas taxas de vigor, de germinação e de sanidade. Sementes de alta qualidade resultam em plântulas fortes, vigorosas, bem desenvolvidas e que se estabelecem nas diferentes condições edafoclimáticas, com maior velocidade de emergência e de desenvolvimento das plantas (Brum et al., 2005). A implantação da lavoura de soja com semente de alta qualidade diminui os riscos do replantio, que resultam na baixa rentabilidade do empreendimento.

O conhecimento da qualidade de um lote de sementes depende da disponibilidade de metodologias precisas, que levem a obtenção de resultados confiáveis, onde o atributo usualmente avaliado é a viabilidade de germinação e o método tradicionalmente empregado é o teste de tetrazólio. Ele é realizado com amostra de um lote e o procedimento estatístico empregado na análise irá fornecer uma estimativa populacional para o índice de qualidade avaliado (Peske et al., 2013).

A obtenção de amostras representativas do lote, com possível redução dos custos, sempre foi o objetivo do processo de amostragem. Uma das formas de reduzir estes custos é substituir a amostragem clássica com tamanho fixo de sementes avaliadas por um processo que possibilite o emprego de amostras de tamanho variável em função da qualidade do lote. Além disso, testes que possibilitem que as sementes sejam prontamente avaliadas, evitam processos subsequentes de beneficiamento e armazenamento de lotes condenados. Um modo de diminuir os custos de amostragem é

através do método sequencial, que possibilita a redução do tamanho da amostra do teste, diminuindo o tempo de amostragem.

A amostragem sequencial binomial ocupa espaço importante na amostragem de sementes, onde a unidade amostral é examinada, levando-se em conta somente se a semente está viável ou não, de acordo com o teste de tetrazólio. As principais vantagens são: confiabilidade, facilidade, e principalmente rapidez na amostragem (Wilson et al., 1983a). No entanto, tal amostragem, apesar de recomendada pela Associação Internacional de Testes em Sementes (ISTA) ainda é pouco utilizada pela falta de divulgação e por falta de definição de critérios que possam demonstrar sua eficiência quando comparada com a amostragem tradicional cujo tamanho amostral é fixo.

Contudo, a validação do plano de amostragem sequencial depende de aspectos regionais e sazonais. Uma maneira de incorporar as informações referentes a esses aspectos é atualizar o plano de amostragem por meio de técnicas Bayesianas, incorporando uma informação *a priori* (Garthwaite et al., 1995).

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho utilizar a abordagem sequencial bayesiana para estimar a proporção de viabilidade de germinação, através do teste de tetrazólio, em lotes de sementes da soja.

REVISÃO DE LITERATURA

1. Sementes de soja

No contexto mundial e nacional, a soja está inserida economicamente como uma das principais culturas produzidas. No Brasil, a oleaginosa é a principal cultura agrícola produzida, sendo o mesmo, o segundo maior produtor do mundo. Segundo dados da CONAB na safra 2016/2017 cerca de 113,923 milhões de toneladas de soja foram

produzidas no Brasil, representando 32,42% de toda produção mundial de soja na mesma safra. Amplamente difundida devido às suas variadas formas de utilização em diferentes segmentos, a oleaginosa apresenta papel importante para a economia agropecuária

Em relação à comercialização nessa mesma safra, segunda a Agrostat, o Brasil exportou 51,6 milhões de toneladas de soja em grão, 14,4 milhões de toneladas de farelo e 1,2 milhões de toneladas de olho de soja, o que representa um montante de 25,4 bilhões de dólares.

Para que a soja possa ser utilizada, é preciso que ela passe por um processo de industrialização. Após esse processo são gerados vários produtos, porém dois são os mais conhecidos, o farelo e o óleo de soja. O farelo de soja possui um teor proteico que varia de 44% a 48%, e é utilizado na maioria das vezes como suplemento rico em proteínas para a criação de animais. Para se obter o farelo de soja, é necessário fazer a torrefação e a moagem da torta da soja, sendo esta torta o que permanece após a extração do óleo com solventes (Missão, 2006).

Já o óleo de soja é rico em ácidos graxos poli-insaturados. Pode ser usado domesticamente como óleo de cozinha e nas indústrias, como tinta de caneta, biodiesel, tintas de pintura em geral, xampus, sabões e detergentes (Missão, 2006).

O calendário agrícola é dividido em hemisférios sul e norte. No hemisfério sul, onde está Brasil e Argentina, a semeadura ocorre entre setembro e dezembro e a colheita entre janeiro e maio. Já no hemisfério norte ocorre o inverso, com a semeadura de abril a junho e a colheita de setembro a novembro.

Segundo o IBGE, percebe-se uma também diferença nas duas principais regiões produtoras do Brasil quanto ao período de semeadura. São estas regiões: Centro-Oeste,

tendo destaque o Mato Grosso, que é o maior produtor de soja do Brasil, com produção de 30,514 milhões de toneladas, e o Sul, Paraná com uma produção de 19,534 milhões de toneladas e Rio Grande do Sul, com 18,714 milhões de toneladas, na safra de 2016/2017. Em Mato Grosso, alguns produtores dão início aos trabalhos de semeadura logo após o fim do vazio sanitário, que se encerra no dia 15 de setembro, mesmo que as condições climáticas não estejam tão favoráveis. Em setembro, muitas regiões de Mato Grosso ainda não apresentam grande quantidade de chuvas e, por isso, os trabalhos a campo se intensificam em meados de outubro, quando os volumes pluviométricos são maiores.

Em condições normais é recomendável que o produtor espere a chuva alcançar o acumulado de 80-100 milímetros para que o solo tenha um estoque razoável de água para permitir a germinação das sementes, com menos risco de perda de semeadura, no caso de as chuvas não se estabilizarem. No entanto, algumas lavouras de soja mato-grossenses não são semeadas na época ideal para alcançar o máximo potencial produtivo da cultura. A causa principal para que os agricultores não consigam semear na data ideal está na necessidade de antecipar a colheita do grão para dar início o mais rápido possível à segunda safra, geralmente com milho ou algodão.

Na região Sul do Brasil, a semeadura da soja inicia-se em outubro com a sua intensificação a partir de novembro, quando as condições climáticas já estão mais favoráveis. Antes disso, o frio ainda é bastante considerável nas regiões produtoras. Assim, quanto mais ao sul, mais tarde começa-se a semeadura da oleaginosa devido às temperaturas mais amenas antes desse período (Tabela 1).

Tabela 1- Calendário agrícola da soja nos principais países produtores, e no Brasil, nas principais regiões.

Soja	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Brasil Sul												
Brasil Centro-Oeste												
Argentina												
EUA												
China												

Fonte: USDA, ODS

Uma das principais prioridades para o sucesso da cultura da soja é a produção de sementes de alta qualidade. Porém, devido à grande sensibilidade das sementes de soja aos agentes mecânicos, patogênicos e às condições climáticas; a produção de sementes de qualidade é uma tarefa complexa (Marcos filho, 1999).

A qualidade das sementes produzidas está entre as principais exigências, pois nelas se encontram todos os genes que caracterizam a espécie e a cultivar. Para se obter sementes de qualidade, a produção deve ser realizada com controle rigoroso sobre todos os fatores que possam reduzir a qualidade. Este controle se estende até a comercialização, de forma a garantir a qualidade genética, fisiológica, sanitária e a pureza física.

Num sistema produtivo, é comum o descarte de lotes de sementes que não se enquadram dentro dos padrões mínimos de germinação para fins de comércio, especialmente próximo à época de semeadura. Assim, é de fundamental importância uma tecnologia capaz de possibilitar a avaliação rápida e precisa da germinação e do vigor, viabilizando a eliminação de lotes de sementes de baixa qualidade.

A germinação das sementes é considerada por muitos profissionais como o mais importante atributo de qualidade, pois é o indicativo do estabelecimento das plantas no campo, e quanto maior o seu percentual melhor será o estabelecimento em termos de uniformidade e distribuição das plantas (Deminicis, et al., 2009).

O melhor exemplo que se tem é o limite mínimo de germinação permitido por lei (normas) para a comercialização das sementes, que, de acordo com o Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, Instrução normativa nº 45, é de 80% para as sementes de soja.

Neste sentido, muitas empresas, apesar da lei estipular um mínimo de 80% de germinação, adotam limites mínimos superiores. No Brasil, há empresas que somente colocam no mercado lotes de sementes com germinação superior a 90%.

A qualidade fisiológica das sementes é avaliada rotineiramente em laboratório, pelo teste padrão de germinação. No entanto, há vários anos, pesquisadores, tecnologistas, produtores de sementes e agricultores não estão satisfeitos com as informações obtidas com este teste, além disso, a demora na obtenção dos resultados de germinação resulta numa séria limitação ao processo de tomada de decisões na indústria de sementes.

Este teste, na sua forma de avaliação tradicional, não fornece informações quanto ao vigor, não permite de maneira precisa a identificação dos fatores que afetam a qualidade das sementes, e seus resultados são frequentemente mascarados pela ocorrência de danos de embebição (França Neto, et al, 1998) e pela presença de fungos como *Phomopsis spp*. e *Fusarium semitectum* (Henning & França Neto, 1980; França Neto & West,1989a).Tais informações podem resultar em sérios prejuízos aos produtores de sementes por afetar negativamente a tomada de decisão relativas à colheita, ao processamento, à armazenagem e a comercialização.

Portanto, para a avaliação da qualidade fisiológica de um lote de sementes, o emprego de testes rápidos torna-se uma ferramenta imprescindível, pois agiliza as decisões quanto ao manejo. Dentre esses, o teste de tetrazólio tem sido considerado

como uma alternativa promissora, devido à rapidez e à eficiência na caracterização da viabilidade (Vieira et al., 1994).

2. Teste tetrazólio

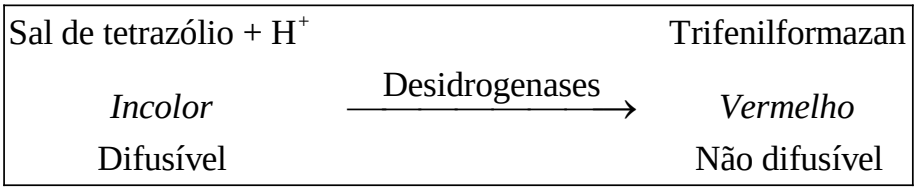
O teste de tetrazólio tem se destacado dentre os diversos métodos de controle de qualidade adotados pela indústria de sementes no Brasil. Isso se deve à sua rapidez, precisão e também pelo grande número de informações fornecidas pelo mesmo. Sua utilização tem propiciado a comercialização dos lotes que efetivamente apresentam bons padrões de qualidade (Costa et al., 2008). Isto tem resultado num sistema de controle de qualidade de alta confiabilidade, assegurando maiores lucros aos produtores.

Além de avaliar a viabilidade e o vigor dos lotes de sementes, o teste de tetrazólio fornece o diagnóstico das possíveis causas responsáveis pela redução de sua qualidade: danos mecânicos, deterioração por umidade e danos de percevejo, que são os problemas que mais comumente afetam a qualidade fisiológica da semente de soja. Além desses, os danos de secagem, de estresse hídrico e de geada podem também ser facilmente visualizados pelo teste.

O fornecimento desse diagnóstico tem sido o grande responsável pelo elevado índice de adoção do teste, pois, além de apontar os problemas de redução de qualidade das sementes, o teste, quando aplicado nas diversas etapas do sistema de produção, pode identificar os pontos de origem desses problemas, permitindo que ações corretivas sejam adotadas.

O teste de tetrazólio baseia-se na atividade das enzimas desidrogenases (Moore, 1973) as quais catalizam as reações respiratórias nas mitocôndrias, durante a glicólise e o ciclo de Krebs. Estas enzimas, particularmente a desidrogenase do ácido málico, reduzem o sal de tetrazólio (2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio ou TCT) nos tecidos

vivos. Quando a semente de soja é imersa na solução incolor de TCT, esta é difundida através dos tecidos, ocorrendo nas células vivas a reação de redução que resulta na formação de um composto vermelho, estável e não-difusível, conhecido por trifenilformazan:



Quando o TCT é reduzido, formando o trifenilformazan, isto indica que há atividade respiratória nas mitocôndrias, significando que há viabilidade celular e do tecido. Portanto, a coloração resultante da reação é uma indicação positiva da viabilidade através da detecção da respiração a nível celular. Tecidos não viáveis não reagem e consequentemente não são coloridos (Costa, et al., 2007).

Sendo o tecido vigoroso, haverá a formação de um vermelho carmin claro; se o tecido está em deterioração, um vermelho mais intenso será formado, em virtude da maior intensidade de difusão da solução de TCT pelas membranas celulares comprometidas de tais tecidos; se o mesmo é não viável, a redução do sal não ocorrerá, e o tecido morto contrastará como branco (não colorido) com o tecido colorido viável. As observações de tais diferenças de cor, juntamente com o conhecimento de diversas características das sementes, permitem a determinação da presença, da localização e da natureza dos distúrbios que podem ocorrer nos tecidos embrionários (Moore, 1973).

Conforme mencionado por Moore (1985), há três objetivos básicos na avaliação das sementes: determinar o potencial de germinação de um lote de sementes sob as condições mais ideais possíveis; categorizar as sementes em diferentes classes de viabilidade; e diagnosticar as possíveis causas que resultam na perda de viabilidade das

sementes. Os dois primeiros objetivos podem ser alcançados pela interpretação de quatro características básicas: condição e cor dos tecidos após a coloração, pela localização e pelo tamanho das lesões. A habilidade do analista de sementes em reconhecer os sintomas típicos dos diferentes tipos de danos que podem ocorrer nas sementes é imperativo para a obtenção do diagnóstico correto das causas de perda de viabilidade.

Apesar de não utilizar equipamentos e reagentes caros, o teste requer que o analista de sementes seja bem treinado nas técnicas do teste. É essencial o conhecimento das estruturas anatômicas da semente para que, com experiência e julgamento crítico, possa visualizar os tipos de anormalidades de plântulas que são revelados pelo teste de tetrazólio (França et al., 1998).

2.1.Fatores afetam a qualidade da semente de soja

Vários fatores afetam a qualidade da semente de soja. Os principais, são danos mecânicos, deterioração por umidade, danos causados por percevejos, danos por seca e altas temperaturas, danos de secagem e danos de geada. Cada tipo de dano está associado com lesões características, são elas:

- **Danos mecânicos:** Há três tipos de danos mecânicos que são facilmente identificados pelo teste de tetrazólio: rachaduras, amassamentos e abrasões, que são resultados de impactos físicos durante as operações de colheita, trilha, secagem, beneficiamento, transporte e semeadura das sementes de soja (Figura 1).

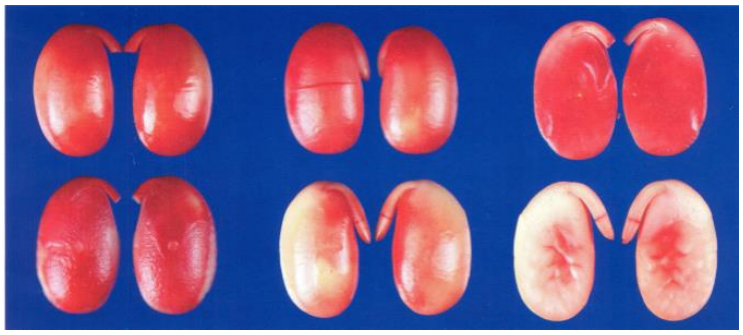


Figura 1- Semente de soja apresentando incidência de dano mecânico imediato, identificado pelo teste de tetrazólio. Londrina, PR, 2007

- **Deterioração por umidade**: Resultado da exposição das sementes de soja a ciclos alternados de condições ambientais úmidas e secas na fase final de maturação, antes da colheita. Tais danos apresentam uma maior magnitude, caso ocorram em ambientes quentes, típicos de regiões tropicais e sub-tropicais. Frequentemente, tais lesões estão associadas com a infecção por certos fungos. Sementes com deterioração por umidade apresentam rugas características nos cotilédones, na região oposta ao hilo, ou sobre o eixo embrionário. Após a coloração, essas sementes revelarão a presença de lesões de coloração vermelho intensa ou branca sobre os tecidos embrionários adjacentes a tais rugas. As lesões podem ser profundas e caso o cilindro central esteja danificado, ou se mais de 50% dos tecidos de reserva dos cotilédones estiverem deteriorados, a semente é considerada não viável. A deterioração por umidade apresenta uma característica muito típica, que é a simetria das lesões em ambos os cotilédones da semente (Figura 2).

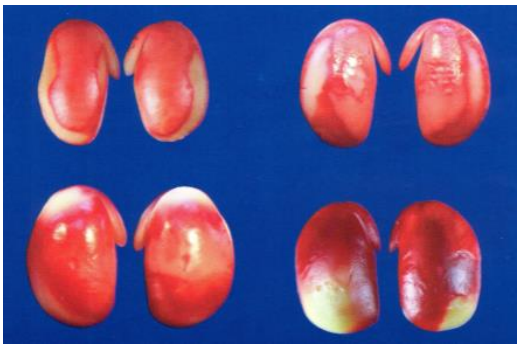


Figura 2- Sementes de soja com problemas de deterioração por umidade identificada pelo teste de tetrazólio. Londrina, PR, 2007.

- **Danos de percevejo**: Dentre as diversas espécies desse inseto, o percevejo verde *Nezara viridula* (L.) tem ocorrência generalizada na maioria das regiões produtoras de soja (Turnipseed e Kogan, 1976). Outras espécies, como *Piezodorus guildini* (Westwood) e *Euschistus heros* (Fabricius), podem também causar sérios danos às sementes. Ao se alimentar das sementes de soja, o percevejo as inocula com a levedura *Nematospora coryli Peglion* (Sinclair, 1982), que irá, então, colonizar os tecidos das sementes, deteriorando-os, o que resulta em severas reduções de vigor e de viabilidade. Essa infecção forma lesões circulares características, muitas vezes enrugadas e profundas. Os tecidos lesionados são mortos e flácidos, apresentando a coloração típica esbranquiçada, às vezes esverdeada, amarelada ou acinzentada. Um anel de coloração vermelho intenso separa, na maioria dos casos, os tecidos mortos dos vigorosos. Lesões múltiplas podem ocorrer numa única semente e caso haja sobreposição das mesmas, o sintoma circular típico não será distinguível. Com frequência, uma pequena perfuração causada pelo inseto pode ser observada no centro das lesões circulares (Figura 3).

Figura 3- Sementes de soja com problemas de lesões de dano de percevejo, identificados pelo teste de tetrazólio. Londrina, PR, 2007.

- **Danos por seca e altas temperaturas**: Podem ser observados em sementes de algumas cultivares de soja, quando altas temperaturas (acima de 30ºC), associadas com períodos de baixa disponibilidade hídrica (seca), ocorrem durante a fase de enchimento de grãos. Os sintomas são variáveis: a lesão típica pode ser caracterizada pela presença de uma covinha nos cotilédones até o completo enrugamento das sementes. Algumas sementes produzidas sob tais condições de estresse podem tornar-se impermeáveis à água. Sementes com sintomas superficiais desse tipo de dano (covinhas), após a coloração, podem apresentar lesões vermelho escuras ou brancas que podem ser confundidas com deterioração por umidade. A constatação dessas covinhas nas sementes secas pelos analistas evitará que interpretações errôneas desse tipo venham a ocorrer. Sementes enrugadas, após a coloração, podem ser deformadas e apresentam manchas vermelho escuras e esbranquiçadas espalhadas sobre os cotilédones, com maior concentração das mesmas na região próxima ao eixo embrionário. Os tecidos mortos são flácidos e friáveis. Sementes severamente enrugadas normalmente não germinam em função da desintegração dos tecidos do eixo embrionário e das regiões superiores dos cotilédones.
- **Danos de secagem excessiva**: São consequência da secagem das sementes a graus de umidade abaixo de 10,0%. São caracterizados pela constatação de elevados índices de sementes de soja com trincas transversais nos cotilédones, sempre na mesma

posição. Quando a semente de soja é secada excessivamente, ela está sujeita a quebrar preferencialmente nessa posição, quando exposta a um impacto mecânico.

- **Danos por geada:** São mais comuns em regiões de clima temperado. A expressão desse tipo de dano depende do estádio de desenvolvimento das sementes, da temperatura e do período de exposição das mesmas às condições de baixa temperatura (Moore, 1973). Sementes imaturas geralmente morrem e permanecem verdes com exposição a geadas. Por outro lado, sementes secas e maduras resitem bem a esse tipo de estresse. Os tecidos danificados são identificados no teste de tetrazólio pela coloração de eixos embrionários num vermelho mais intenso e pela presença de um precipitado vermelho que se acumula nos tegumentos e na solução de tetrazólio. Tecidos danificados por geadas podem apresentar uma coloração vermelha com tons esverdeados ou marrons.

Mais de um desses tipos de danos podem ocorrer em uma única semente. Outros tipos de danos podem também ocorrer devido ao envelhecimento da semente ou à ocorrência de condições impróprias durante o armazenamento. Condições quentes e úmidas durante o armazenamento resultarão em severa deterioração. No teste de tetrazólio, os sintomas iniciais de deterioração por armazenamento inadequado podem ser confundidos com sinais de deterioração por umidade. A caracterização dos fatores que afetam a qualidade da semente de soja pode parecer complexa no início. Porém, com um bom treinamento e experiência, o analista de sementes poderá reconhecer e diferenciar com facilidade tais sintomas.

3. Planos de amostragem

Segundo o manual das Regras de Análise de sementes, o objetivo da amostragem é obter uma amostra de tamanho adequado para os testes, na qual estejam presentes os mesmos componentes do lote de sementes e em proporções semelhantes.

A quantidade de sementes analisadas é, em geral, muito pequena em relação ao tamanho do lote que representa. Para se obter resultados uniformes e precisos em análise de sementes, é essencial que as amostras sejam tomadas com todo cuidado e em conformidade com os métodos estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes – RAS.

Por mais criterioso que seja o procedimento técnico empregado na análise, os resultados não podem indicar senão a qualidade das sementes contidas na amostra submetida a exame, consequentemente, todos os esforços devem ser feitos para assegurar que a amostra enviada para análise represente, corretamente, a composição do lote em questão. Do mesmo modo, ao reduzir essa amostra no laboratório, toda a precaução deve ser tomada pelo analista a fim de que as amostras a serem usadas nas diversas determinações, sejam por sua vez representativas da amostra remetida ao laboratório de análise de sementes (Brasil, 2009).

Os planos de amostragem podem ser aplicados em diversas etapas no processo. A inspeção feita não elimina a existência de sementes com inviáveis, mas separa o lote inviável do lote que está dentro dos limites de especificação.

3.1.Amostragem de tamanho fixo

As características de qualidade de um lote de sementes devem ser determinadas com base em amostras colhidas. Uma vez que se pode esperar que os dados medidos da amostra variem aleatoriamente, as características de qualidade da amostra não podem

ser identificadas com as do lote inteiro. Se a distribuição de probabilidade dos dados da amostra é conhecida, então é possível fazer uma estimativa das características do lote (por exemplo, quando as características de um lote têm de ser verificadas em relação a um nível fixo, predeterminado de qualidade). Os tamanhos de amostra prescritos bem como as tolerâncias nas Regras foram calculados com base nas distribuições correspondentes (Bányai & Barabás, 2002).

No controle de qualidade dos lotes ocorrem dois tipos de erro, são eles:

Erro do primeiro tipo (tipo 1) = rejeitar um bom lote.

Erro do segundo tipo (tipo 2) = aceitar um lote ruim.

A probabilidade de erro referente a estes dois tipos são:

α = probabilidade de erro tipo 1 = risco do produtor.

β = probabilidade de erro tipo 2 = risco do consumidor.

Uma decisão sobre a qualidade do lote com base nos dados da amostra é essencialmente um teste de significância, isto é, uma decisão relativa a uma característica de qualidade de lote ou uma decisão de verdade na rotulagem sobre um lote de sementes. Nem o tamanho da amostra e nem o nível de significância são determinados pelo usuário, mas são prescritos pelas regras internacionais. Embora o aumento do tamanho da amostra melhore a confiabilidade da decisão, o aumento não é proporcional (Bányai & Barabás, 2002).

A maioria das amostras prescritas é de tamanho fixo, o que significa que toda a amostra deve ser examinada antes de se tomar uma decisão.

Para o controle de qualidade, é importante determinar os seguintes requisitos:

p1 = AQL - nível de qualidade aceitável

p2 = AQL - nível de qualidade inaceitável (limitação da qualidade).

Com base nestes predeterminados, pode-se desenhar a curva característica de operação (curva OC). Mostra a probabilidade de aceitação em função do nível real de qualidade p no lote: AP (p). Cada sistema de controle de qualidade deve ser caracterizado por sua curva OC.

3.2.Curva Característica de Operação (CCO)

Através dessa curva, pode-se avaliar como está o desempenho do plano de amostragem utilizado. Ela mostra qual a probabilidade que o lote tem de ser aceito ou rejeitado com uma determinada quantidade de defeitos. Cada sistema de controle de qualidade deve ser caracterizado pela sua CCO (Bányai & Barabás, 2002).

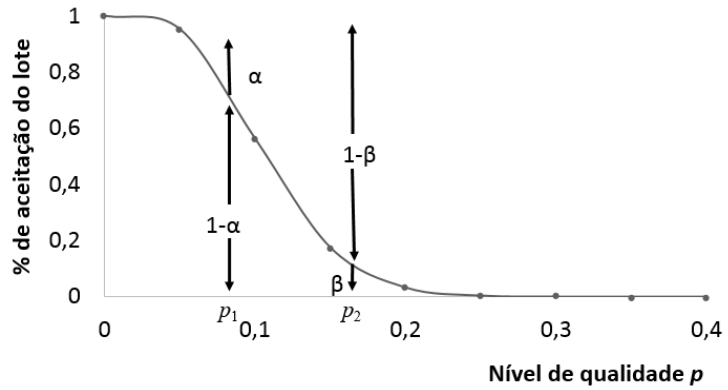


Figura 4- Curva Característica de Operação

As curvas características podem se apresentar com inclinações diferentes. Esta inclinação depende do tamanho da amostra e do critério de aceitação. Quanto mais íngreme for a curva, maior também será a proteção do consumidor e do produtor. Maior é o poder discriminante do plano de amostragem de lotes bons e ruins, isto é, maior é a habilidade do plano em distinguir lotes bons dos lotes ruins. Quanto maior for o

tamanho da amostra maior será a chance de encontrar sementes defeituosas, portanto aumenta a declividade da curva e cai a probabilidade de aceitação do lote. Quanto maior for a percentagem de aceitação menor será a declividade da curva e aumenta a probabilidade de aceitação do lote.

4. Estimação Sequencial

A amostragem sequencial se baseia no teste sequencial da razão de verossimilhança, sendo que, em certos casos, requer em média, amostras com um terço do tamanho que seria utilizado com a amostragem de tamanho fixo (Wald, 1945). Barbosa (1992) cita que a amostragem sequencial caracteriza-se por utilizar amostras de tamanho variável, ao contrário da amostragem convencional, que utiliza amostras de tamanho fixo.

Quando os requisitos de qualidade são predeterminados e a tarefa do controle de qualidade é verificar o cumprimento desses, então o método de amostragem sequencial poderia ser aplicado. Isso significa que a decisão relativa à aceitação ou rejeição pode ser feita passo a passo. Deste modo, o tamanho total da amostra não está predeterminado, mas depende da decisão em cada passo anterior. A base deste método de amostragem é o teste de razão de probabilidade (Wald, 1947).

Com base nos requisitos de qualidade, as seguintes probabilidades podem ser calculadas:

$P_1(m,k)$ = a probabilidade de que k defeitos estejam na amostra, se p = p1 (aceitável).

$P_2(m,k)$ = a probabilidade de que k defeitos estejam na amostra, se p = p2 (não aceitável).

O teste de razão de probabilidade examina a razão: $\frac{P_2(m,k)}{P_1(m,k)}$

Analisa-se as relações lidas a partir da curva Característica de Operação:

Se $\frac{P_2(m,k)}{P_1(m,k)} \leq \frac{\beta}{1-\alpha}$ aceitação. (1)

Se $\frac{P_2(m,k)}{P_1(m,k)} \geq \frac{1-\beta}{\alpha}$ rejeição. (2)

Se $\frac{\beta}{1-\alpha} < \frac{P_2(m,k)}{P_1(m,k)} < \frac{1-\beta}{\alpha}$ continuação. (3)

Com base nos parâmetros predeterminados P_1 e P_2, o número de aceitação de Am e o número de rejeição de Rm podem ser calculados também.

Da mesma forma, um esquema de amostragem sequencial pode ser desenhado por meio do qual a decisão em cada etapa poderia ser feita. Se o ponto do resultado do ensaio cair acima da linha superior, o lote pode ser aceito. Se o ponto do resultado do teste cair abaixo da linha inferior, o lote pode ser rejeitado. Se o ponto cair entre as duas linhas paralelas, a avaliação deve ser continuada sem uma decisão. Uma vez que este plano de amostragem sequencial aberto pode demorar muito tempo, é possível compilar um plano de amostragem sequencial truncada ou triangular restrito a um número de passos predeterminado menor.

No caso de lotes muito bons ou muito ruins, a decisão pode ser tomada com base em tamanho de amostra menor. Na decisão de ensaio sequencial "truncada" bem como "triangular" será feita com base num tamanho de amostra menor no mesmo nível de probabilidade. Esta é a vantagem do método de amostragem sequencial.

A razão principal do crescente interesse pela amostragem sequencial é que a avaliação pode classificar rapidamente a população em grandes categorias como por exemplo, baixa, média ou alta, ou simplesmente se requer tratamento ou não o requer.

Um plano de amostragem sequencial é um instrumento de fácil uso para técnicos e mesmo para agricultores mais esclarecidos, o que facilita a tomada de decisões (Estefanel, 1997).

5. Análise Bayesiana

A Inferência Estatística Bayesiana é uma metodologia de análise de dados fundamentada em probabilidades condicionais, na qual um parâmetro θ é considerado um vetor aleatório desconhecido. A intensidade deste desconhecimento a respeito de θ pode assumir diferentes graus de incerteza representados através de modelos probabilísticos para θ, formalmente denominados como distribuição *a priori* (Pinho, 2006).

O método das distribuições *a priori* conjugadas é o mais usado para ultrapassar as dificuldades de eliciação de distribuições *a priori* subjetivas em que se adota uma forma funcional conveniente. As distribuições *a priori* não informativas são utilizadas quando não existe informação *a priori* palpável, sendo essa informação de natureza objetiva ou subjetiva, ou seja, o chamado estado de "ignorância da *priori*". Ou quando o conhecimento *a priori* é pouco significativo em relação à informação amostral que se tem o conhecimento "vago" (Paulino et al., 2003).

6. Estimação Sequencial Bayesiana

A ideia geral em análise Sequencial Bayesiana é que após cada observação realizada deve-se comparar o risco de Bayes *a posteriori* de tomar uma decisão imediata com o risco de Bayes *a posteriori* esperado que será obtido se mais observações são tomadas (Berger, 1985). O risco de Bayes de um procedimento sequencial d é definido por $r(\pi,d)= E^{\pi}[R(\theta,d)]$, ou seja, a esperança do risco dada *a priori* $p(\pi)$. O estimador de Bayes de π com respeito à função perda é aquele com menor risco de Bayes. No caso da

função perda quadrática o estimador de Bayes para o parâmetro π será a média de sua distribuição atualizada.

O resultado clássico em análise Bayesiana tem mostrado que o menor risco de Bayes *a posteriori* é a variância da distribuição *a posteriori*, denotada por var_{post} (n) (Raiffa e Schlaifer, 1961). Daí, r_o (π^n, n) = var $_{post}$ (n) e o menor risco de Bayes *a posteriori* esperado, se outra observação é tomada, isto é, $r^1(\pi^n, n)$, é a esperança desta variância, ou seja, $r^1(\pi^n, n) = Ex[var_{post}(n)]$ (Pham-Gia, 1998). O tempo de parada dado em função do risco é o primeiro n para o qual $r_o(\pi^n, n) \leq r^1(\pi^n, n)$. Pode-se dizer ainda que a amostragem deva continuar sempre que a esperança do risco *a posteriori* (ou a esperança da variância se mais uma observação for realizada) for menor que o risco "atual" (variância *a posteriori* com n observações) de tomar uma decisão (Garthwaite et al., 1995).

Na realização do teste tetrazólio, cada semente avaliada poderá ser classificada em viável e inviável, caracterizando um experimento de Bernoulli. Considerando, *p* o parâmetro de um experimento de Bernoulli, tal como a classificação em viável ou não viável de uma semente, então a verossimilhança para a soma de ensaios de Bernoulli, *n*, em um lote, correspondente a uma Binomial $X \sim Bin\ (n, p)$ e pode ser escrita como:

$$f(X|p) = f_X(X) = \binom{n}{X} p^X (1-p)^{n-X} \qquad 0 \leq p \leq 1 \tag{4}$$

A distribuição binomial descreve experimentos independentes, repetidos em condições estáveis. Além disso, apenas dois resultados são possíveis em cada repetição: semente viável ou semente inviável, sucesso ou fracasso. Neste caso a probabilidade de ocorrer semente viável é "p". Como as repetições são independentes, a probabilidade de ocorrerem "s" sementes inviáveis, em "n" repetições, é:

$$f = \binom{n}{s} * p^x * q^{n-s} \qquad \begin{matrix} \text{Média dos “ } s \text{ ”} = n * p \\ \text{Desvio padrão} = \sqrt{n * p * q} \end{matrix} \tag{5}$$

Portanto, a probabilidade de ocorrer, no máximo, “s” sementes inviáveis, em “n” repetições, é:

$$F(s) = \sum_{s=0}^{n} \binom{n}{s} * p^s * q^{n-s} \tag{6}$$

Em que, n= número de sementes observadas; s= a soma de sementes inviáveis entre as observadas.

A distribuição beta é caracterizada por dois parâmetros, α e β, e é frequentemente utilizada na modelagem de variáveis aleatórias contínuas com domínio entre 0 e 1, tal como as proporções e porcentagens e também usada, em estatística Bayesiana, como a distribuição a priori conjugada de probabilidades binomiais (Sturtz, Ligges & Gelman, 2005). A função densidade de probabilidade da distribuição a priori beta com hiperparâmetros α e β é:

$$\pi\left(p|\alpha,\beta\right) = \frac{\Gamma\left(\alpha+\beta\right)}{\Gamma\left(\alpha\right)\Gamma\left(\beta\right)} p^{\alpha-1}\left(1-p\right)^{\beta-1} \text{ em que } 0 \le p \le 1, \alpha > 0 \text{ e } \beta > 0 \tag{7}$$

Sabendo que, para a distribuição *a priori* Beta(α,β), a média e a variância são dadas por:

$$\mu_{priori} = \mu_{beta} = \frac{\alpha}{\left(\alpha+\beta\right)} \tag{8}$$

$$\text{var}_{priori} = \frac{\left(\alpha\beta\right)}{\left(\alpha+\beta\right)^2\left(\alpha+\beta+1\right)} \tag{9}$$

Então *a posteriori* π^n para o parâmetro será dada por:

$$\pi^n\left(\pi|s\right) \propto f\left(s|\pi\right) * p\left(\pi|\alpha,\beta\right) \tag{10}$$

Para a distribuição *a posteriori* Beta(α',β') ou (α+s,β+n-s), a média e a variância são dadas por:

$$\mu_{posteriori} = \frac{\alpha + s}{\left(\alpha + s + \beta + n - s\right)} \tag{11}$$

$$\text{var}_{posteriori} = \frac{\left(\alpha + s\right)\left(\beta + n - s\right)}{\left(\alpha + \beta + n\right)^2 \left(\alpha + \beta + n + 1\right)} \tag{12}$$

Utilizando a distribuição a *posteriori* conjugada após *n* observações $p^n(\pi|s)$, e sua variância a *posteriori*, obteve-se o seguinte critério de parada, baseado no procedimento look-ahead 1-passos, em que:

$$r_0\left(\pi^n, n\right) \leq r^1\left(\pi^n, n\right) \tag{13}$$

Assim, para determinar o critério de parada, é necessário calcular o risco imediato que é dado pela variância *a posteriori* acrescida do custo de *n* observações e o risco esperado dado pela esperança da variância *a posteriori* e acréscimo no custo de mais uma observação.

MATERIAIS E MÉTODOS

1. Obtenção de dados

O teste de tetrazólio foi realizado no Laboratório Central de Sementes do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Foram utilizadas sementes de soja de produtores da região do Sul de Minas no ano agrícola de 2015/2016. Foram utilizadas amostras de 9 lotes avaliados quanto à viabilidade pelo

teste de tetrazólio. Para validação do procedimento proposto neste trabalho, foi acompanhada a análise tradicional do teste e registrados os valores individuais conforme AnexoD. Para posteriormente serem registrados no R para a análise sequencial e no aplicativo em Delphi para realização dos cálculos da estimação Sequencial Bayesiana.

O teste foi conduzido com duas subamostras de 100 sementes, que foram pré-condicionadas em papel toalha umedecido, permanecendo por 16 h no germinador a 25ºC. Após esse período, as sementes foram imersas em solução de sal 2,3,5 cloretos de trifenil tetrazólio e acondicionadas em câmaras incubadoras a 25ºC, por 3 h. Para avaliação, as sementes foram seccionadas longitudinalmente, dividindo-se o eixo embrionário ao meio, os quais foram classificados em viáveis e inviáveis de acordo com a localização e extensão dos danos (Figura 5).

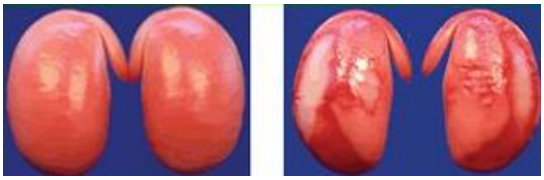
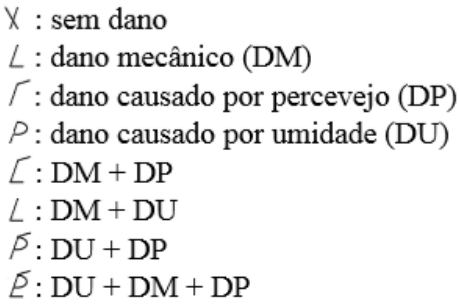


Figura 5- Semente de soja viável (A) e não viável (B).

2. Análise Descritiva dos dados de viabilidade de soja

Foi utilizado uma ficha para a avaliação do teste de tetrazólio. Após a avaliação de cada semente, registrou-se nessa ficha o nível de viabilidade e a identificação do tipo de dano que possa ter determinado a viabilidade das sementes. Utilizou-se a seguinte simbologia:



Foi avaliado p percentual de sementes viáveis em cada lote e a classificação das sementes inviáveis conforme o dano sofrido.

As proporções obtidas em cada lote foram comparadas pelo teste Qui-Quadrado para verificar a hipótese de igualdade entre as viabilidades.

3. Estimação tradicional da viabilidade de sementes de soja

A análise tradicional do teste de tetrazólio foi realizada em lotes com 200 sementes e as mesmas foram subdivididas em duas subamostras de 100 sementes (A1 e A2), conforme prescrito pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 1992).

Para o método tradicional foi estimada a viabilidade média (V) a partir das duas subamostras de 100 sementes cada. O resultado entre as duas subamostras foi comparado calculando-se o módulo da diferença entre as duas medias e verificando-se a concordância entre as estimativas considerando o nível de tolerância padronizado pela Associação Internacional de Teste em Sementes (ISTA).

A Associação Internacional de Teste em Sementes (ISTA) recomenda que o resultado de um teste de viabilidade seja aceito somente se a diferença entre a estimativa da porcentagem de viabilidade mais alta da análise de uma amostra de sementes e a mais baixa não exceder o nível de tolerância. Para verificar a confiabilidade de um resultado, calcula-se a média da percentagem das repetições e

compara-a com os valores tabelados (Tabela 2). As tolerâncias são extraídas da Tabela G1, coluna D, em Miles (1963).

Tabela 2- Alcance máximo tolerado entre estimativas das subamostras ou dos diferentes métodos de avaliação.

Germinação percentual média		**Máximo alcance**	**Germinação percentual média**		**Máximo alcance**
1	2	3	1	2	3
99	2	5	87 a 88	13 a 14	13
98	3	6	84 a 86	15 a 17	14
97	4	7	81 a 83	18 a 20	15
96	5	8	78 a 80	21 a 23	16
95	6	9	73 a 77	24 a 28	17
93 a 94	7 a 8	10	67 a 72	29 a 34	18
91 a 92	9 a 10	11	56 a 66	35 a 45	19
89 a 90	11 a 12	12	51 a 55	46 a 50	20

Para o resultado médio de viabilidade para cada lote foi estabelecido o intervalo de confiança a 95%. Além disso, foi construída a curva característica de operação para o teste tradicional considerando a avaliação de 200 sementes, que fornece a probabilidade de aceitar H_0 em função da proporção de viabilidade, para valores pré-estabelecidos de α e β. Para verificar se existe diferença entre os lotes de sementes de soja foi feito o teste Qui-Quadrado.

4. Estimação sequencial

O sistema de decisão do plano de amostragem é baseado no teste de hipóteses em que p = porcentagem de viabilidade por lote para comercialização. Nesse plano foram definidas três regiões: aceitação de H_0, rejeição e continuação do teste. Para obtenção desse plano de avaliação é necessária a construção das retas de aceitação $A_N = c + S$ e

rejeição: $R_N = -c + S$ sendo c os coeficientes lineares calculados conforme Shirose & Mori (1996). Estes valores são baseados no parâmetro de proporção adotado da distribuição Binomial, ou seja, no índice de viabilidade definido para comercialização e dos erros α e β. E também no valor de S, a soma de sucessos de uma distribuição Binomial, ou seja, contagem de sementes viáveis até o instante N.

Para definir as retas de aceitação e rejeição do método sequencial foi utilizado o critério que o lote deve ter um mínimo de 80% de viabilidade para comercialização, sendo este adotado como limite mínimo de viabilidade. No Brasil, há empresas que somente colocam no mercado lotes de sementes com germinação superior a 90%. Por este motivo, este padrão foi adotado como o limite superior. Para os erros α e β adotou-se o nível de 5%.

Após termino da amostragem e estimação da viabilidade em cada lote, foram construídos os respectivos intervalo de confiança a 95%.

Além das retas obtidas e do intervalo de confiança, construiu-se em para cada lote, com tamanho amostral variável, a curva característica de operação, representada por CCO.

5. Estimação Sequencial Bayesiana

Para utilização da técnica de estimação sequencial bayesiana para calcular a viabilidade de sementes em um lote foi adaptado um aplicativo para auxílio ao analista na decisão de quando interromper o processo de amostragem e realização dos cálculos (Figura 6).

Figura 6- Página inicial do Programa de Estimação Sequencial Bayesiana onde se decide os parâmetros do teste.

Para aplicar a técnica de estimação sequencial bayesiana, primeiramente são atribuídos valores de um histórico de viabilidade de soja na região e/ou em função do produtor para que sejam calculados os hiperparâmetros α, β. Posteriormente basta inserir no local indicado a resposta positiva ou negativa sobre a viabilidade da semente avaliada a cada instante.

A determinação dos hiperparâmetros α e β da distribuição *a priori* será realizada implementando o método do Histograma, utilizando-se dados históricos obtidos do teste de tetrazólio tradicional realizado em 2014 e 2015, pelo Laboratório Central de Sementes, do Departamento de Agricultura, da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Minas Gerais. O procedimento para construção das prioris, assim como obtenção das estimativas dos hiperparâmetros será desenvolvido no software R (R Core Team, 2016).

Para utilização do aplicativo é necessario estabelecer os parâmetros iniciais a partir da distribuição a priori a do custo por amostragem definido pelo critério de parada, conforme detalhado a seguir.

5.1.Distribuição a Priori

Considerando, p o parâmetro de um experimento de Bernoulli, tal como a classificação em viável ou não viável de uma semente, então a verossimilhança para a soma de ensaios de Bernoulli, x, em um lote, correspondente a uma Binomial $X \sim Bin(n, p)$ e pode ser escrita como:

$$f(x \mid p) = f_X(x) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x} \qquad (14)$$

Para variáveis aleatórias contínuas com domínio entre 0 e 1, tal como as proporções e porcentagens é frequientemente usada, em estatística Bayesiana, como a distribuição a priori conjugada de probabilidades binomiais a distribuição beta (Gelman e Carlin, 2004).

A função densidade de probabilidade da distribuição a priori beta com hiperparâmetros α e β é:

$$\pi(p \mid \alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha+\beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} p^{\alpha-1}(1-p)^{\beta-1} \text{ em que } 0 \le p \le 1, \alpha > 0 \text{ e } \beta > 0 \qquad (15)$$

Conhecendo-se a média e a variância para a distribuição *a priori* $\text{Beta}(\alpha, \beta)$ (equações 8 e 9) então as estimativas de α e β pelo método dos momentos pode ser calculada da seguinte maneira:

Sabendo que: $\alpha\beta = (\alpha+\beta)^2(\alpha+\beta+1)S^2$, e que, $\beta = \frac{\alpha}{\overline{X}} - \alpha$, tem-se que:

$$\frac{\alpha^2}{\overline{X}} - \alpha^2 = \left(\alpha + \frac{\alpha}{\overline{X}} - \alpha\right)^2 \left(\alpha + \frac{\alpha}{\overline{X}} - \alpha + 1\right) S^2$$

$$\rightarrow \frac{\alpha^2}{\overline{X}} - \alpha^2 = \left(\frac{\alpha}{\overline{X}}\right)^2 \left(\frac{\alpha}{\overline{X}} + 1\right) S^2$$

$$\rightarrow \cancel{\alpha^2}\left(\frac{1}{\overline{X}}-1\right)=\cancel{\alpha^2}\left(\frac{1}{\overline{X}^2}\right)\left(\frac{\alpha}{\overline{X}}+1\right)S^2$$

$$\rightarrow \left(\frac{1}{\overline{X}}-1\right)\left(\frac{\overline{X}^2}{S^2}\right)=\frac{\alpha}{\overline{X}}+1$$

Portanto: $\boxed{\alpha=\overline{X}\left(\frac{\overline{X}\left(1-\overline{X}\right)}{S^2}-1\right)}$

$$\rightarrow \left(\frac{\overline{X}\left(1-\overline{X}\right)}{S^2}\right)=\frac{\alpha}{\overline{X}}+1$$

E para o parâmetro β tem-se:

$$\beta=\alpha\left(\frac{1-\overline{X}}{X}\right)$$

$$\rightarrow \beta=\overline{X}\left(\frac{\overline{X}\left(1-\overline{X}\right)}{S^2}-1\right)\left(\frac{1-\overline{X}}{X}\right)$$

Portanto: $\boxed{\beta=\left(1-\overline{X}\right)\left(\frac{\overline{X}\left(1-\overline{X}\right)}{S^2}-1\right)}$

Deste modo temos a equação geral para encontrar os valores de α e β iniciais:

$$\alpha_{MOM}=\overline{X}\left(\frac{\overline{X}\left(1-\overline{X}\right)}{S^2}-1\right) \qquad \beta_{MOM}=\left(1-\overline{X}\right)\left(\frac{\overline{X}\left(1-\overline{X}\right)}{S^2}-1\right) \tag{16}$$

Assim, o procedimento para construção das prioris inicia-se com o fornecimento de valores elicitados de média (proporção) e variância (variação).

5.2.Critério de Parada e Estimação no Procedimento Sequencial

Para estimar o parâmetro de proporção considerando o tamanho da amostra como variável aleatória na estimação sequencial, extrai-se elementos de uma amostra um por vez, e depois que cada amostra é observada, utiliza-se um critério de parada e é tomada a decisão (rejeição/aceitação de uma hipótese ou estimação de um parâmetro) ou a observação de amostras é continuada.

Para a obtenção do critério de parada, foi considerada a função perda quadrática $L=\left(p-\hat{p}\right)^2+C(n)$, em que C(n) > 0 é o custo de tomar uma amostra de tamanho n para estimar *p*. Foi calculada a esperança da variância *a posteriori* a qual permite estimar a

quantidade $r(\pi^n, n)$ que representa o menor risco de Bayes que pode ser atingido uma vez que $\mathbf{x}^n$ foi observado.

Para decidir se deve ou não parar a amostragem, os valores de risco são comparados a cada semente avaliada e realizada nova observação até que $r_o(\pi^n, n) \leq r^1(\pi^n,n)$, quando a estimativa do parâmetro da proporção de viabilidade no lote testado é então calculada a partir da média da *posteriori* obtida até então.

Assim, foi necessário calcular, a cada avaliação de semente, o risco imediato que é dado pela variância *a posteriori* acrescida do custo de n observações e o risco esperado dado pela esperança da variância *a posteriori* e acréscimo no custo de mais uma observação (Brighenti et al., 2011), assim:

$$r_o(\pi^n, n) = \frac{(\alpha+s)(\beta+n-s)}{(\alpha+\beta+n)^2(\alpha+\beta+n+1)} + C(n) \tag{17}$$

$$r^1(\pi^n, n) = E\left[\text{var}_{posteriori}\right] + C(n+1) \tag{18}$$

Então, o risco esperado será dado por:

$$r^1(\pi^n,n) = \left(\frac{\alpha+\beta+n}{\alpha+\beta+n+1}\right)\frac{(\alpha+x)(\beta+n-s)}{(\alpha+\beta+n)^2(\alpha+\beta+n+1)} + C(n+1) \tag{19}$$

Para obtenção dos resultados foi elaborada uma rotina no programa R 3.2.4 (R Core Team, 2015), adotando-se para o custo o valor 10^{-7}.

A partir dos parâmetros calculados e hiperparâmetros fixados foram plotados os gráficos da verossimilhança, *priori* e *posteriori* obtida. E logo após, foram estimados os intervalos de credibilidade a 95% e também construídas as curvas características de operação.

6. Comparação dos métodos de estimação

Para verificar a coerência entre as estimativas obtidas para cada lote em cada uma das três metodologias propostas, utilizou-se dois critérios de comparação, o critério de

tolerância, conforme descrito pela Associação Internacional de Teste em Sementes (ISTA) e a correlação entre os resultados.

6.1.Avaliação em relação ao nível de tolerância

É esperada e admitida certa variação quando se comparam resultados de determinações efetuadas com sementes obtidas da mesma amostra ou de diferentes amostras do mesmo lote, ainda que essas determinações tenham sido feitas no mesmo laboratório e pelo mesmo analista. O limite da variação acima do qual as diferenças entre resultados são consideradas não aceitáveis (significativas) é o denominado critério de tolerância. A definição dos níveis de tolerâncias é necessária para verificar se a variação dos resultados dentro e entre testes é aceitável quanto à precisão dos resultados (Bányai & Barabás, 2002).

As tabelas de Tolerância para a pureza, germinação e outras contagens de sementes foram estabelecidas por Miles (1963) e adotadas pelo Associação Internacional de Teste em Sementes (ISTA) para testar a coerência entre resultados de dois laboratórios ou se duas estimativas são compatíveis, verificando a "diferença tolerável" entre as estimativas (Bányai & Barabás, 2002; Miles 1963). No manual do ISTA, uma descrição do uso de tabelas de tolerância é dada sob o título de cada uma, juntamente com exemplos e nível de significância, ou seja, risco de recusar um bom lote.

Neste trabalho o nível de tolerância foi utilizado para verificar a compatibilidade entre as estimativas obtidas pelo método tradicinal, e o mesmo quando comparado com o teste sequencial e o sequencial bayesiano, utilizando a tabela 2.

6.2.Correlação e regressão

Correlação é a medida do grau de relação entre duas variáveis. Ela pode ser positiva, quando as variáveis são diretamente proporcionais ou negativas, quando as variáveis são inversamente proporcionais.

O coeficiente de correlação linear de Pearson é um valor que informa a intensidade e forma da correlação linear entre duas variáveis. A partir da análise de seu resultado, podemos determinar se é adequado ou não a utilização do modelo linear para a modelagem do fenômeno. O coeficiente de correlação linear é calculado pela equação:

$$r = \frac{\left[\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}\right]}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{\left(\sum x\right)^2}{n}\right] * \left[\sum y^2 - \frac{\left(\sum x\right)^2}{n}\right]}} \qquad (20)$$

Quando existe uma correlação é possível estabelecer uma relação funcional entre as duas variáveis, então utiliza-se a regressão linear simples, também conhecida como regressão dos quadrados mínimos, desenvolvida para estimar os coeficientes a e b da equação linear $y = a + bx$, sendo:

$$b = \frac{\sum xy - \frac{\left(\sum x\right)\left(\sum y\right)}{n}}{\sum x^2 - \frac{\left(\sum x\right)^2}{n}} \qquad a = y - bx \qquad (21)$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

1. Análise Descritiva dos dados de viabilidade de soja

Inicialmente verificou-se o percentual de sementes viáveis em cada lote. Notou-se que somente 22,2% dos lotes, avaliados ficaram abaixo do nível mínimo de aceitação que é de 80,0%. A maior parte dos lotes, 66,7%, ficou entre o nível mínimo de aceitação e o nível ótimo de 90,0% de viabilidade das sementes e apenas um lote ultrapassou o nível ótimo de aceitação do lote (Figura 7) .

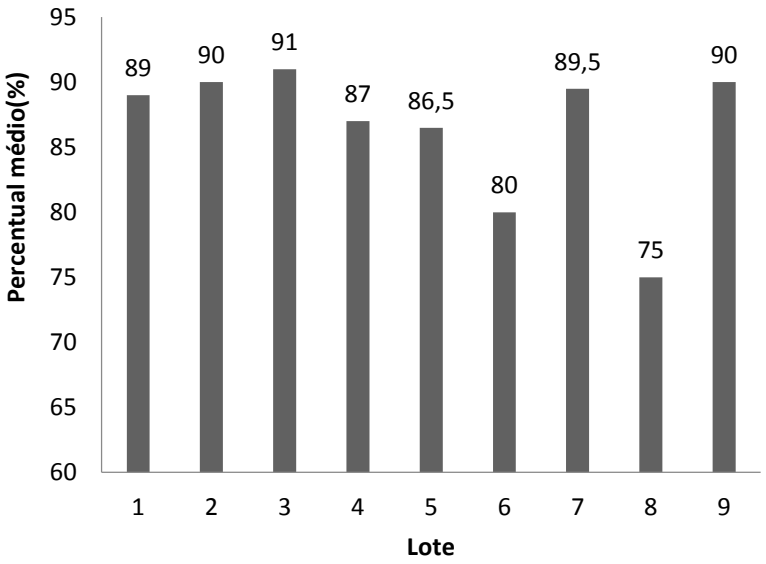


Figura 7 - Percentual médio da viabilidade das sementes

A Figura 8 apresenta a razão entre sementes viáveis e inviáveis. A média de sementes de soja viáveis dos nove lotes foi de 172,3 sementes por lote, que corresponde a uma percentagem média de 86,17%. As sementes consideradas inviáveis foram classificadas quanto ao tipo de defeito: Deformadas por temperatura e/ou umidade (D) com média de 16,7 sementes por lote (8,3%); Sementes com Injúria (I) com o total médio de 6,9 sementes por lote (3,4%) e por último, Danos Mecânicos, (M) com média de 4,1 sementes (2,1%).

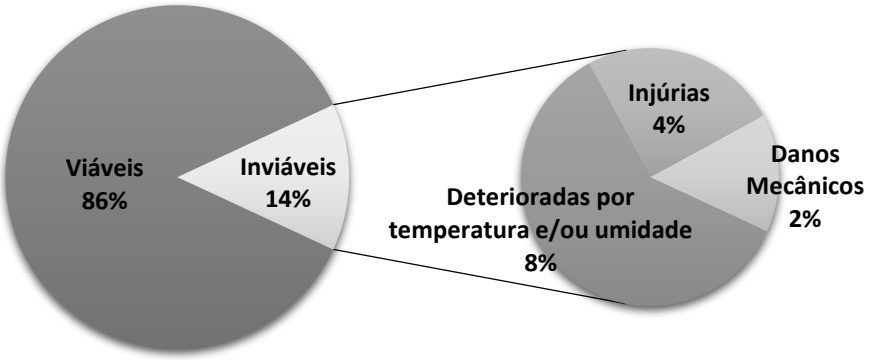


Figura 8 – Classificação das Sementes de acordo com tipo de defeito.

A classificação dos defeitos das sementes por lote encontra-se na Tabela 3.Percebe-se que não existe um padrão entre os tipos de defeitos entre os lotes avaliados, indicando diferenças de manejo e/ou qualidade entre os produtores.

Tabela 3- Contagem de sementes de soja viáveis e inviáveis (por tipo de defeito) e suas percentagens (%) em uma amostra de tamanho 200.

Lote	N° de sementes (%)		Inviabilidade por tipo de defeito (%)		
	Viáveis	Inviáveis	D	I	M
1	177 (88,5)	23 (11,5)	9 (4,5)	10 (5,0)	4 (2,0)
2	179 (89,5)	21 (10,5)	19 (9,5)	2 (1,0)	0 (0)
3	183 (91,5)	17 (8,5)	14 (7,0)	2 (1,0)	1 (0,5)
4	173 (86,5)	27 (13,5)	10 (5,0)	11 (5,5)	6 (3,0)
5	177 (88,5)	23 (11,5)	22 (11,0)	0 (0)	1 (0,5)
6	159 (79,5)	41 (20,5)	21 (10,5)	10 (5,0)	10 (5,0)
7	175 (87,5)	25 (12,5)	18 (9,0)	5 (2,5)	2 (1,0)
8	149 (74,5)	51 (25,5)	20 (10,0)	20 (10,0)	11 (5,5)
9	179 (89,5)	21 (10,5)	17 (8,5)	2 (1,0)	2 (1,0)
Média	172,3 (86,17)	27,7 (13,83)	16,7 (8,34)	6,9 (3,44)	4,1 (2,06)

D= Semente deteriorada; I= Semente com injúria; M= Semente com danos mecânicos e/ou físicos

O valor calculado do teste Qui-Quadrado entre as viabilidades foi igual a $\chi^2 = 40,94$ (gl=8) que corresponde a um $valor - p = 2,14 * 10^{-6}$ levando a rejeição da

hipótese nula e, assim podemos afirmar que existe diferença significativa entre as proporções de sementes viáveis e inviáveis nos nove lotes observados, ao nível de significância de 5%.

Verificada a diferença entre os 9 lotes é necessário estimar a viabilidade das sementes para os lotes individualmente. As estimativas foram realizadas utilizando as três metodologias discutidas neste trabalho: tradicional, sequencial e sequencial bayesiana.

2. Estimação tradicional da viabilidade da semente de soja

A avaliação das 200 sementes de soja foi realizada em duas subamostras conforme estabelecido no Regras de Análises em Sementes (RAS). Sendo que, a viabilidade final do lote é estabelecida pela média das proporções obtidas em cada subamostra (Tabela 4). Todas as diferenças entre as subamostras (A1 e A2) se encontram dentro dos limites de tolerância, portanto as estimativas médias são consideradas adequadas.

Tabela 4- Porcentagens de viabilidade (V) dos lotes de sementes de soja (%) estimados pelo método tradicional.

Método	Tradicional			Critério de Tolerância		Intervalo de Confiança (95%)
Lote	A1	A2	V (%)	A1-A2	Diferença Tolerável	
1	88	90	89	1	12	[0,847; 0,933]
2	89	91	90	2	12	[0,858; 0,942]
3	91	91	91	0	11	[0,870; 0,950]
4	88	86	87	2	13	[0,823; 0,917]
5	90	83	86,5	7	14	[0,818; 0,912]
6	86	74	80	12	16	[0,745; 0,855]
7	91	88	89,5	3	12	[0,853; 0,937]
8	74	76	75	2	17	[0,690; 0,810]
9	91	89	90	2	12	[0,858; 0,942]

Percebe-se que o lote 8 apresentou a menor estimativa e também maior variabilidade seguido pelo lote 6. Os demais lotes apresentam intervalo de confiança de menor amplitude (Figura 9) e a proporção 0,90 em seu intervalo. Isto indica a não rejeição da estimativa 90% de viabilidade para estes lotes.

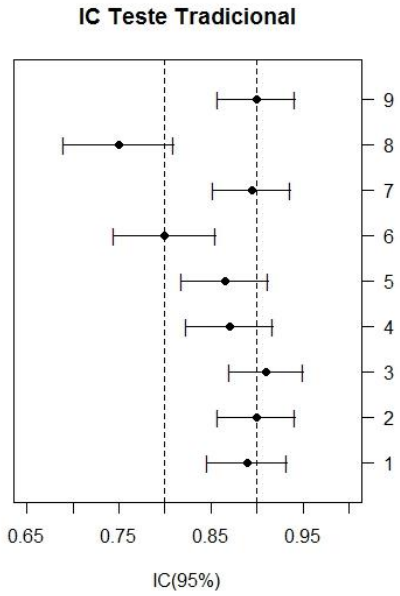


Figura 9- Representação do Intervalo de Confiança dos resultados do Teste tradicional.

Os resultados de viabilidade das sementes de soja avaliados através do teste tetrazólio neste trabalho estão de acordo as porcentagens médias de viabilidade das sementes produzidas no Brasil (Costa et al., 2001; Costa et al., 2003; França-Neto et al., 1994).

Com base nos parametros pré-determinados de controle de qualidade, dados por p_0= 0,9, nível de qualidade desejado e p_1=0,8, limite mínimo de qualidade aceitável, foi construída a Curva Caracteristica de Operação considerando o tamanho amostral fixo de 200 sementes (Figura 10).

A figura 10 apresenta a probabilidade de aceitar o nível de qualidade p em um lote, sendo que a linha preta representa o nível p_0= 0,9 e a cinza o nível p_1=0,8.

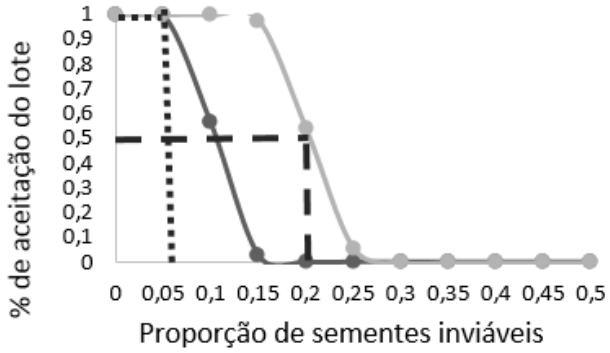


Figura 10- Representação da CCO do teste tradicional com tamanho amostral de 200 sementes.

Observando o nível de qualidade desejado, p_0= 0,9; tem-se que quando a proporção de sementes inviáveis é 0,05; o teste tem 100% de probabilidade de aceitar H_0. E de acordo com o limite mínimo de qualidade aceitável, p_1=0,8; quando essa mesma proporção é de 0,20; o teste tem 50% de probabilidade de aceitar H_0. Pelo mesmo processo são obtidas as probabilidades de aceitar H_0, ou seja, de tomar decisão certa ou errada, para qualquer nível de viabilidade.

3. Estimação sequencial

O nível de viabilidade de 80**%** foi adotado como mínimo, tendo por base o nível de viabilidade permitido por lei para a comercialização das sementes, que, de acordo com o Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, Instrução normativa nº 45.

Assim, para construção do plano de decisão sequencial para viabilidade foi utilizado valores de erro $\alpha=\beta=0,05$. A reta superior a partir do qual aceita-se os lotes de melhor qualidade é dada por:

$$A_N=3,631+0,85n$$

e a inferior, até a qual aceita-se H_0: p_0=0,8 é:

R_N= -3,631+0,85n.

Para maior facilidade, um script geral no software R foi confeccionado (Figura 13) e a partir dos dados fornecidos são elaboradas as equações das retas. O uso do script é mais prático nas avaliações, isso porque é possivel verificar imediatamente a viabilidade do lote após cada semente avaliada e pode ser utilizado para qualquer análise sequencial, basta substituir os valores de erros adotados e dos parâmetros da binomial escolhidos como padrão de qualidade.

```
######Script do R para a construção do plano de amostragem sequencial########
##inserir valores de erros adotados
alfa=0.05
beta=0.05
##inserir valores de parâmetros da binomial escolhidos como padrão de qualidade
p0=0.9
p1=0.8
##construção das retas de decisão
d=log((p1*(1-p0))/(p0*(1-p1)))
h0=log(beta/(1-alfa))/d
h1=log((1-beta)/alfa)/d
s=log((1-p0)/(1-p1))/d
ax=function(x){(h0+s*x)}   ##apresenta graficamente a reta de aceitação
rx=function(x){(h1+s*x)}   ##apresenta graficamente a reta de rejeição
curve(ax, xlim=c(0,100), ylim=c(0,100)) ##construção da reta de aceitação
curve(rx, add = TRUE, col = "violet")  ##construção da reta de rejeição
##inserir os pares ordenados (x,y), onde "x" é o número total de sementes avaliadas e
"y" o número total de sementes viáveis
points(1,1)  ##semente viável
points(2,2)  ##semente viável
points(3,3)  ##semente viável
points(4,3)  ##semente inviável
```

Figura 13- Script do R para a construção do plano de amostragem sequencial

O procedimento é feito da seguinte maneira: o registro de sementes viáveis ou não é feito através da inclusão de pontos, onde cada ponto representa um par ordenado (x,y), onde “x” é o número total de sementes avaliadas e “y” o número total de sementes viáveis. Ou seja, a cada semente avaliada aumenta uma unidade em “x” e a cada semente viável, aumenta-se uma unidade em “y”.

A figura 11, apresenta o resultado para os nove lotes de sementes de soja. Se o ponto com coordenadas (x,y), que correspondente ao numero de sementes viáveis (x) no total de sementes avaliadas (y), transpor a linha inferior, o lote pode ser rejeitado, ou seja, não está conformidade com as normas de comercialização. Se o ponto ultrapassar a linha superior, o lote é aceito. Enquanto o ponto adicionado em cada semente avaliada permanecer entre as duas linhas paralelas, deve-se continuar a amostragem até atingir a semente de número 200 (tamanho amostral do método tradicional de avaliação). No caso, pode-se suspender a amostragem e considerar a média de viabilidade do método tradicional.

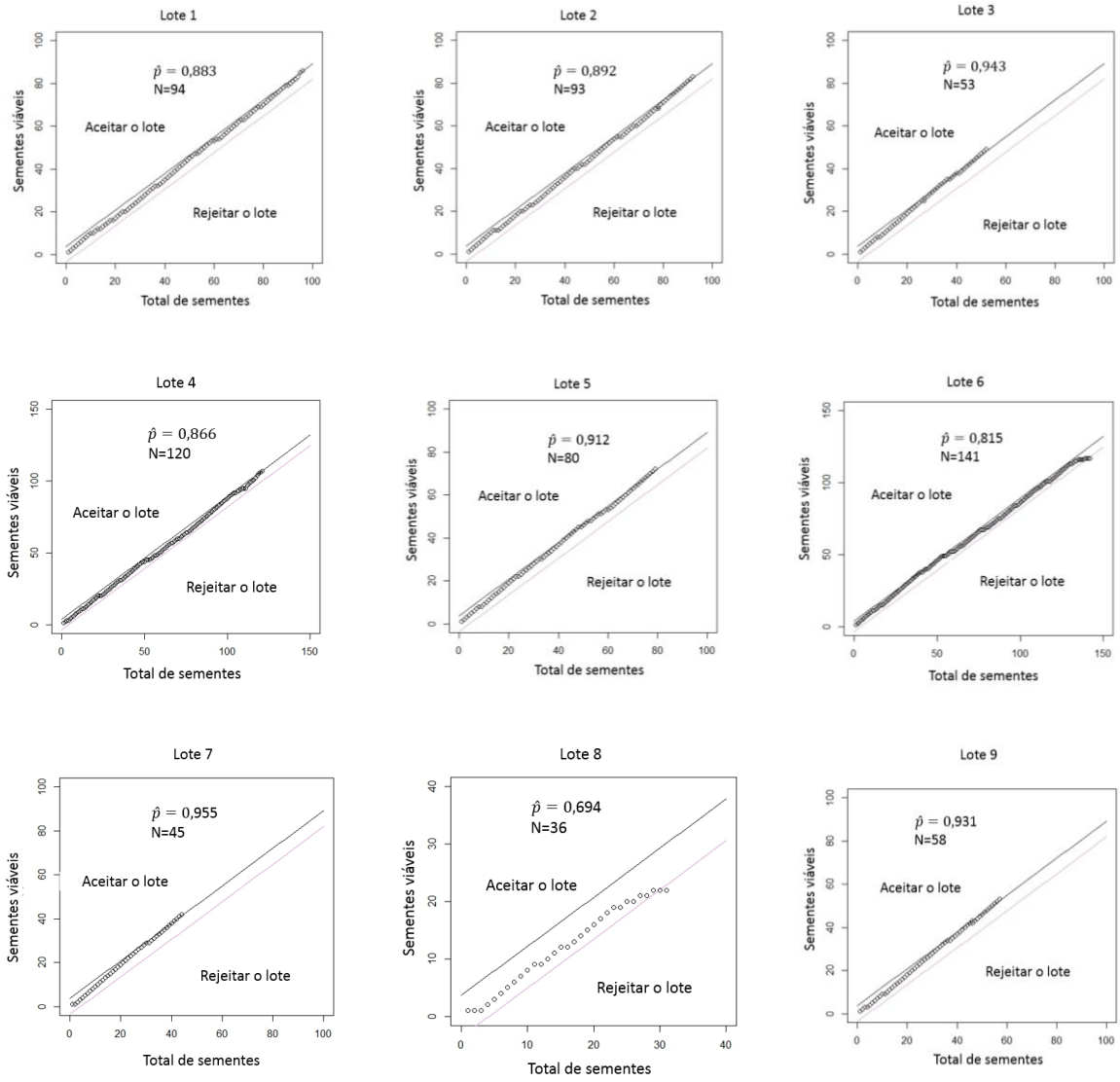


Figura 11- Plano de amostragem sequencial, onde se pode rejeitar ou aceitar o lote de sementes ou continuar a amostragem.

O número final de sementes avaliadas foi determinado pela análise sequencial de acordo com o resultado obtido graficamente no plano de avaliação, sendo que, a cada instante, dependendo do desempenho do lote, a proporção de sementes viáveis e não viáveis define a aceitação ou rejeição do lote.

Os resultados referentes a viabilidade dos nove lotes avaliados pelo método sequencial com seus respectivos tamanhos amostrais estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5- Porcentagens de viabilidade de lotes de sementes de soja (V) estimados pelo método sequencial, com seus respectivos tamanhos amostrais finais (N) e decisões sobre aceitação (A) ou rejeição (R) dos lotes.

Método	Sequencial				Intervalo de Confiança (95%)
Lote	N	Viáveis	V (%)	Decisão	
1	94	83	88,29	A	[0,818; 0,948]
2	93	83	89,24	A	[0,829; 0,955]
3	53	50	94,33	A	[0,881; 1,000]
4	120	104	86,66	A	[0,806; 0,927]
5	80	73	91,25	A	[0,851; 0,974]
6	141	115	81,56	R	[0,752; 0,880]
7	45	43	95,55	A	[0,895; 1,000]
8	36	25	69,44	R	[0,544; 0,845]
9	58	54	93,10	A	[0,866; 0,996]

De acordo com o método sequencial apenas dois lotes foram considerados inviáveis, o lote 6 com um total de 141 sementes avaliadas e uma média de viabilidade de 81,56%; e o lote 8, cujo tamanho amostral foi de 36 sementes avaliadas com uma média de viabilidade de 69,44%.

Os demais lotes foram considerados viáveis de acordo com o método sequencial. O lote de sementes viáveis com a maior média de foi o lote 7, com viabilidade média de 95,55%; seguido pelo lote 3 com 94,33% de viabilidade.

O método sequencial permitiu uma notável diminuição no tamanho amostral, contando com uma média de 80 sementes avaliadas para se tomar a decisão sobre aceitação ou não do lote. Essa redução do tamanho amostral é de extrema importância, uma vez que permite uma diminuição considerável nos custos de avaliação. Ou seja, o avaliador poderá decidir se o lote será aceito ou não em menor tempo do que se

considerar o método tradicional com tamanho amostral fixo de 200 sementes avaliadas e assim poderá avaliar maior quantidade de lotes por hora trabalhada.

O lote 8, além de apresentar menor porcentagem de viabilidade, também obteve maior variabilidade seguido pelo lote 6. Os demais lotes apresentam intervalo de confiança de menor amplitude (Figura 12) e a proporção 0,90 em seu intervalo. Isto indica a não rejeição da estimativa 90% de viabilidade para estes lotes.

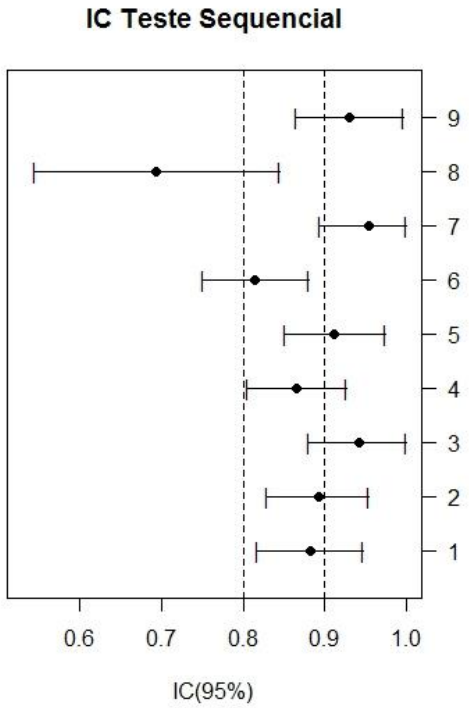


Figura l2- Representação do Intervalo de Confiança dos resultados do Teste Sequencial.

A curva caracteristica de operação CCO é a representação gráfica da função operatória característica que fornece a probabilidade de tomar uma decisão sobre aceitação ou rejeção do lote em qualquer nível de viabilidade. As curvas características de operação estão representadas na Figura 14.

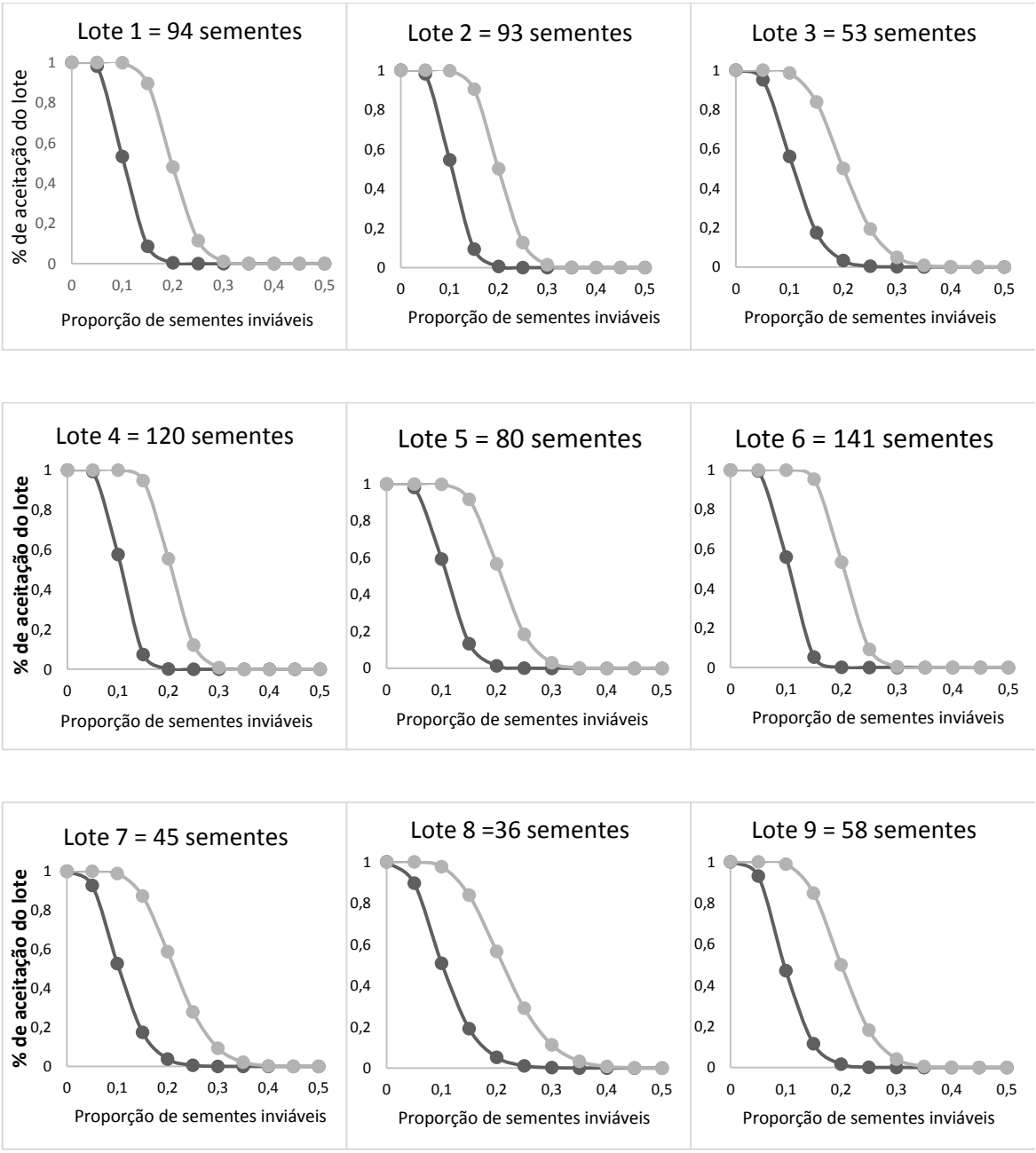


Figura 14- Representação das CCO com base no tamanho final da amostra (decisão entre lote viável ou inviável) do teste Sequencial.

Em cada caso, é possível verificar o nível de aceitação de cada lote em função da proporção de sementes viáveis.

4. Estimação Sequencial Bayesiano

4.1.Critério de parada

Para decidir se deve ou não parar a amostragem, os valores de risco são comparados a cada semente avaliada e realizada nova observação até que $r_o(\pi^n, n) \leq r^1(\pi^n,n)$. Sendo assim, é necessário calcular, a cada avaliação de semente, o risco imediato que é dado pela variância *a posteriori* acrescida do custo de n observações e o risco esperado dado pela esperança da variância *a posteriori* e acréscimo no custo de mais uma observação.

No entanto, para encontrar os valores de risco imediato e esperado, deve-se primeiramente encontrar os valores α e β iniciais. Podemos então utilizar as equações gerais dadas pelo chamado Método dos Momentos.

Exemplo: Cálculo para encontrar os valores de α e β iniciais, considerando uma proproção de 80%, que é a média mínima de viabilidade de germinação, e variância de 10%.

$$\alpha_{MOM} = \overline{X}\left(\frac{\overline{X}\left(1-\overline{X}\right)}{S^2}-1\right) \qquad \rightarrow \alpha_{MOM} = 0,80\left(\frac{0,80\left(1-0,80\right)}{0,1}-1\right) = 0,48$$

$$\beta_{MOM} = \left(1-\overline{X}\right)\left(\frac{\overline{X}\left(1-\overline{X}\right)}{S^2}-1\right) \quad \rightarrow \beta_{MOM} = \left(1-0,80\right)\left(\frac{0,80\left(1-0,80\right)}{0,1}-1\right) = 0,12$$

Já encontrados os valores inicias de α=0,48 e β=0,12; pode-se calcular os valores de risco imediato e esperado através das equações 17 e 19.

Então, considerando a avaliação da primeira semente do lote 1, com custo de 10^{-7}, e como parâmetros $\alpha = 0,48$ *e* β=0,12, o risco imediato e o esperado vai ser calculado como:

a priori Beta(α,β) (0,48;0,12)

a posteriori Beta (α+s,β+n-s) = (0,48+1;0,12+1-1) = (1,48;0,12)

$$r_o(\pi^n, n) = \frac{(\alpha + s)(\beta + n - s)}{(\alpha + \beta + n)^2 (\alpha + \beta + n + 1)} + C(n)$$

$$r_o(\pi^n, n) = \frac{(1{,}48)(0{,}12)}{(048 + 0{,}12 + 1)^2 (0{,}48 + 0{,}12 + 1 + 1)} + 1 * 10^{-7} = 0{,}0266828$$

$$r^1(\pi^n, n) = \left(\frac{\alpha + \beta + n}{\alpha + \beta + n + 1} \right) \left[\text{var}_{posteriori} \right] + C(n + 1)$$

$$r^1(\pi^n, n) = \left(\frac{0{,}48 + 0{,}12 + 1}{0{,}48 + 0{,}12 + 1 + 1} \right) \left[0{,}0266828 \right] + 1 * 10^{-7} = 0{,}0164203$$

Como, $r_0(0{,}0266828) > r^1(0{,}0164203)$, deve-se continuar a amostragem.

Para o cálculo do risco imediato e o risco esperado da segunda semente avaliada e sabendo que a mesma é uma semente viável, temos:

$$r_o(\pi^n, n) = \frac{(2{,}48)(0{,}12)}{(048 + 0{,}12 + 2)^2 (0{,}48 + 0{,}12 + 2 + 1)} + 2 * 10^{-7} = 0{,}0122290$$

$$r^1(\pi^n, n) = \left(\frac{0{,}48 + 0{,}12 + 2}{0{,}48 + 0{,}12 + 2 + 1} \right) \left[0{,}0122290 \right] + 2 * 10^{-7} = 0{,}0088324$$

Como, $r_0(0{,}0122290) > r^1(0{,}0088324)$, deve-se continuar a amostragem.

Cálculo do risco imediato e o esperado para a terceira semente, sabendo que é uma semente viável:

$$r_o(\pi^n, n) = \frac{(3{,}48)(0{,}12)}{(048 + 0{,}12 + 3)^2 (0{,}48 + 0{,}12 + 3 + 1)} + 3 * 10^{-7} = 0{,}0070051$$

$$r^1(\pi^n, n) = \left(\frac{0{,}48 + 0{,}12 + 3}{0{,}48 + 0{,}12 + 3 + 1} \right) \left[0{,}0070051 \right] + 3 * 10^{-7} = 0{,}0054827$$

Como, $r_0(0{,}0070051) > r^1(0{,}0054827)$, deve continuar a amostragem.

Os cálculos dos riscos continuam até que o risco esperado seja maior que o risco imediato, assim sendo, a avaliação das sementes termina e toma-se uma decisão sobre a viabilidade do lote.

A partir da rotina no R e das expressões calculadas dos riscos, foi então, elaborado em Delphi, o aplicativo para estimação de proporção *p*. Para a estimação sequencial bayesiana neste trabalho foi utilizado este aplicativo, que foi criado para execução em plataforma Microsoft Windows em qualquer versão deste sistema operacional.

A Figura 15 apresenta a tela de dados registrados após a estimação sequencial bayesiana do lote 1. O aplicativo calcula os valores de $\alpha = 0{,}48$ *e* β=0,12 iniciais, assim como os riscos imediatos e esperados em cada semente avaliada e todos os demais parâmetros que são necessários para a tomada de decisão sobre a viabilidade do lote.

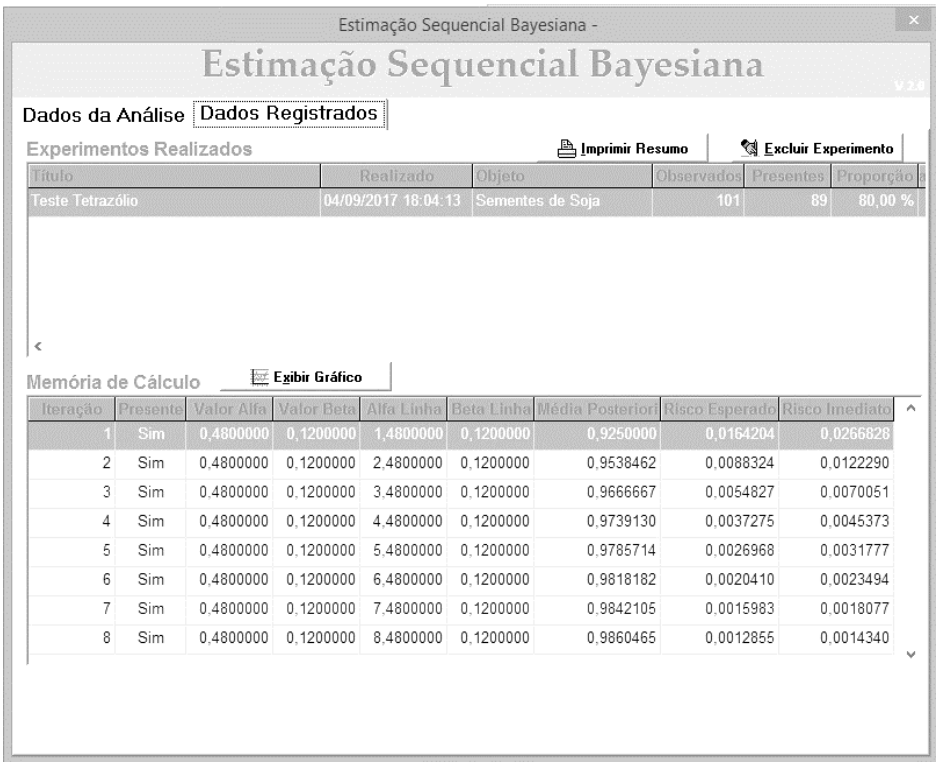
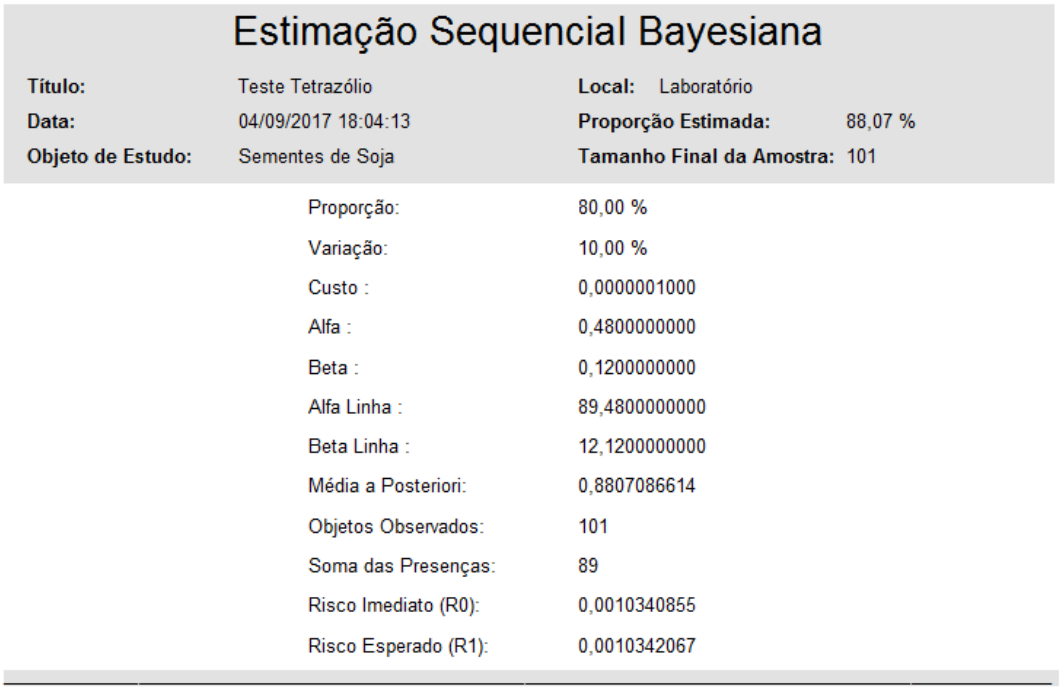


Figura 15- Tela dos dados registrados após a avaliação das sementes.

A Figura 16 apresenta os resultados e os parâmetros que foram utilizados para a realização da estimação sequencial bayesiana das sementes de soja do lote 1.



Estimação Sequencial Bayesiana

Título:	Teste Tetrazólio	**Local:**	Laboratório
Data:	04/09/2017 18:04:13	**Proporção Estimada:**	88,07 %
Objeto de Estudo:	Sementes de Soja	**Tamanho Final da Amostra:**	101

Proporção:	80,00 %
Variação:	10,00 %
Custo :	0,0000001000
Alfa :	0,4800000000
Beta :	0,1200000000
Alfa Linha :	89,4800000000
Beta Linha :	12,1200000000
Média a Posteriori:	0,8807086614
Objetos Observados:	101
Soma das Presenças:	89
Risco Imediato (R0):	0,0010340855
Risco Esperado (R1):	0,0010342067

Figura 16- Programa de Estimação Sequencial Bayesiana apresentando os resultados do lote 1.

A Estimação Sequencial Bayesiana foi realizada através do aplicativo em Delphi nos nove lotes de sementes de soja, sendo seus resultados apresentados na Tabela 6.

Tabela 6- Percentagem da viabilidade de germinação de lotes de sementes de soja (%) estimados pelo método sequencial bayesiano, considerando um custo de 10^{-7} e uma proporção de 80%, e o respectivo intervalo de credibilidade.

%=0,8	Variação = 0,1					Intervalo de credibilidade (95%)
Lotes	N	α'	β'	s	Proporção	
1	101	89,48	12,12	89	88,07	[0,811; 0,936]
2	101	89,48	12,12	89	88,07	[0,811; 0,936]
3	86	80,48	6,12	80	92,93	[0,867; 0,973]
4	101	89,48	12,12	89	88,07	[0,811; 0,936]
5	92	84,48	8,12	84	91,23	[0,847; 0,961]
6	105	91,48	14,12	91	86,63	[0,796; 0,924]
7	90	83,48	7,12	83	92,14	[0,858; 0,967]
8	124	91,48	33,12	91	73,43	[0,654; 0,808]
9	83	78,48	5,12	78	93,88	[0,879; 0,979]

N= número de sementes utilizadas para tomar a decisão sobre lote (rejeita ou aceita); %= porcentagem média de viabilidade; s= número de sementes viáveis dentro do lote avaliado.

Considerando o método de estimação sequencial bayesiano apenas o lote 8 foi classificado como inviável, apresentando uma porcentagem média de viabilidade de 73,43% e maior variação no seu intervalo de credibilidade. Observa-se que embora o intervalo de credibilidade do lote 6 tenha uma menor variação quando comparado ao intervalo do lote 8, seu limite inferior está abaixo do limite mínimo de viabilidade para comercialização, que é de 80% (Figura 17). Isto pode indicar possível rejeição do lote considerando a viabilidade mínima.

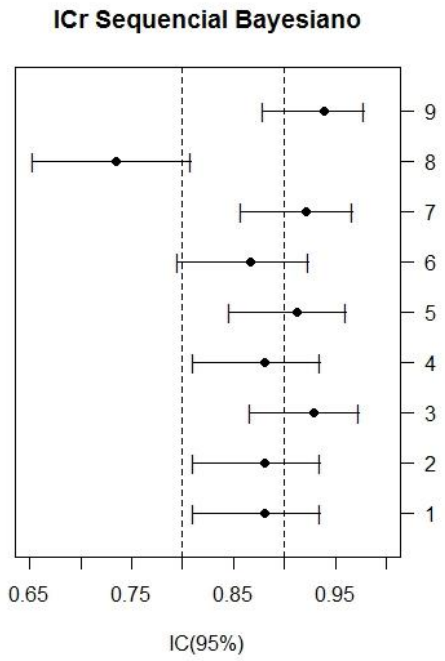


Figura l7- Representação do Intervalo de Credibilidade dos resultados do Teste Sequencial Bayesiano.

O intervalo de credibilidade dos lotes, exceto o lote 8, apresentam intervalo de confiança de menor amplitude e alcançam a proporção 0,90 em seu intervalo, o que indica a não rejeição da estimativa 90% de viabilidade para estes lotes.

4.2.Seleção de priori Beta

A partir dos valores de α e β obtidos para a distribuição a posteriori, pode-se elaborar os gráficos comparativos entre as densidades da *priori*, verossimilhança e *posteriori*. Na Figura 18 a seguir, encontra-se um modelo de gráficos obtidos.

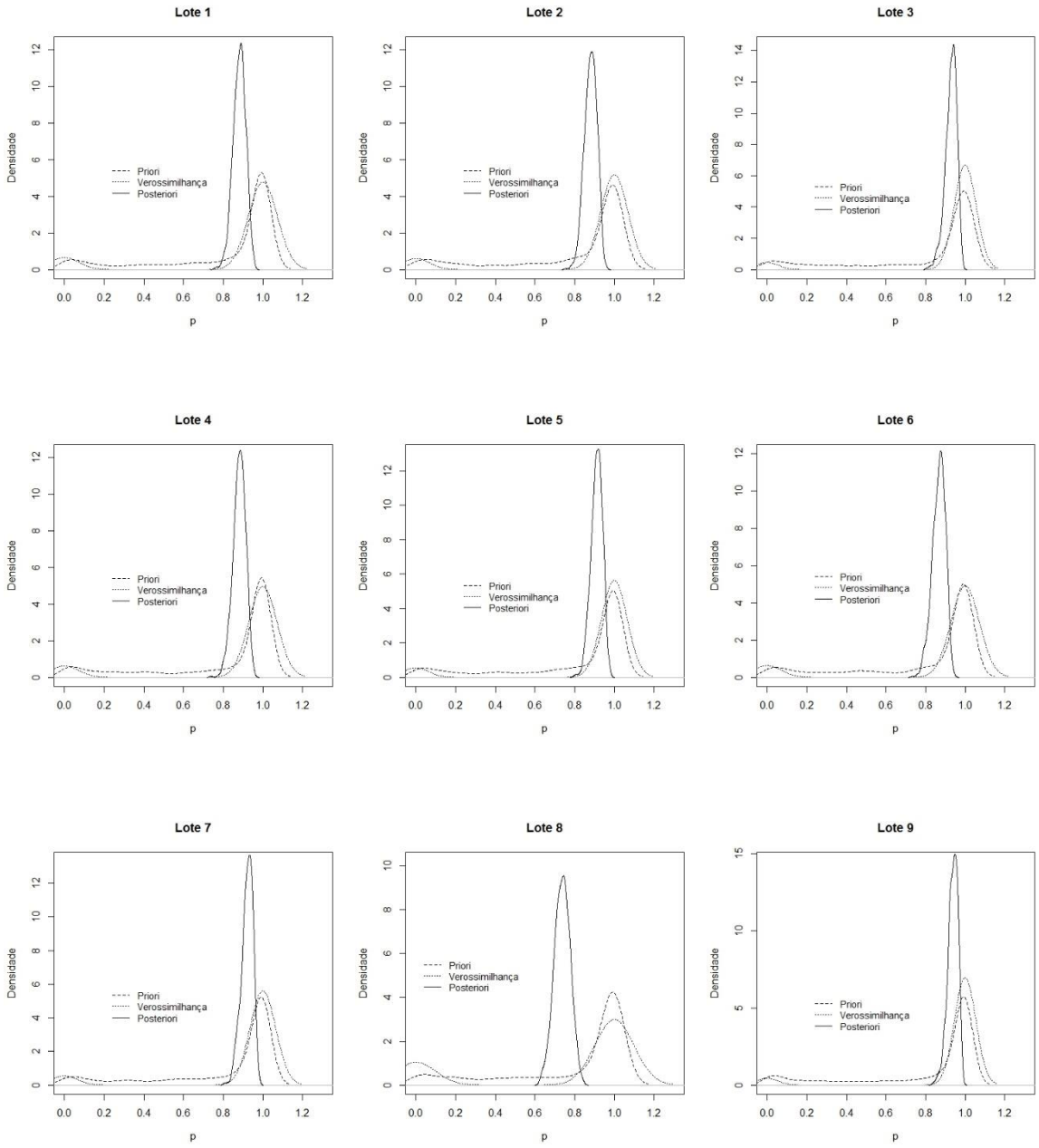


Figura 18- Gráficos representando as curvas da priori, verossimilhança e posteriori para os nove lotes de sementes de soja.

Percebe-se que os lotes 3, 7 e 9, teve maior aproximação entre as distribuições a priori, posteriori e verossimilhança, indicando pouca variabilidade, e como consequência, são os lotes que apresentam menor tamanho amostral, sendo os mesmos correspondentes aos lotes de maiores estimativas de viabilidade entre os nove lotes avaliados.

Com base nos parâmetros pré determinados de controle de qualidade, dados por p_0= 0,9 e p_1=0,8, foi construída a Curva Caracteristica de Operação considerando a viabilidade das sementes de soja de cada lote, estimada através do método sequencial bayesiano (Figura 19).

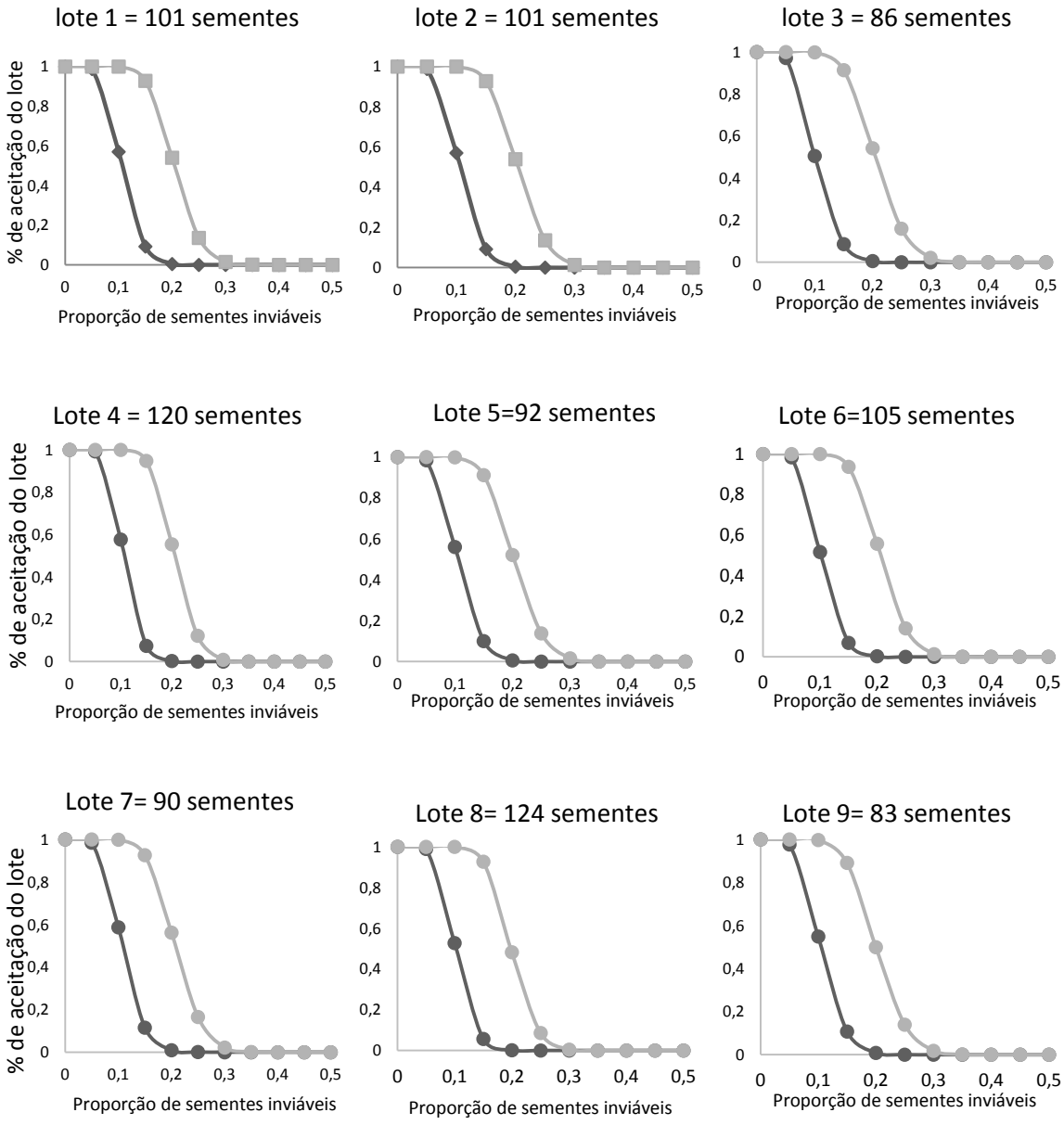


Figura 19- Representação das CCO com base no número de parada (decisão entre lote viável ou inviável) do teste Sequencial Bayesiano.

5. Comparação dos métodos de estimação

5.1.Avaliação em relação ao nível de tolerância

De acordo com a Associação Internacional de Teste em Sementes (ISTA), certa variação entre os resultados quando comparados diferentes métodos de avaliações de sementes é esperada, tal variação é aceita somente se a diferença entre a estimativa da porcentagem de viabilidade mais alta da análise de uma amostra de sementes e a mais baixa não exceder o limite nível de tolerância.

A definição dos níveis de tolerâncias é necessária para verificar se a variação dos resultados dentro e entre testes é aceitável quanto à precisão dos resultados. A média da percentagem de viabilidade dos métodos, junto com suas respectivas diferanças e o nível de tolerância aceitável está representado na Tabela 7.

Tabela 7- Avaliação em relação ao nível de tolerância entre as percentagens de viabilidade de germinação de lotes de sementes de soja (%) estimados pelo método tradicional, sequencial e sequencial bayesiano.

Lote	Métodos de Avaliação			Critério de comparação entre os métodos			
				Diferença estre métodos			Diferença Tolerável
	Tradicional	Sequencial	Sequencial Bayesiano	Trad.-Seq.	Bayes-Trad	Bayes-Seq	
1	89	88,29	88,07	0,71	0,93	0,23	12
2	90	89,24	88,07	0,76	1,93	1,13	12
3	91	94,33	92,93	3,33	1,93	1,37	11
4	87	86,66	88,07	0,34	1,07	1,47	13
5	86,5	91,25	91,23	4,75	4,73	0,03	14
6	80	81,56	86,63	1,56	6,63	5,13	16
7	89,5	95,55	92,14	6,05	2,64	3,36	12
8	75	69,44	73,43	5,56	1,57	4,03	17
9	90	93,1	93,88	3,1	3,88	0,78	12

Os resultados da Tabela 6 referem-se a viabilidade dos 9 lotes avaliados pelo método tradicional, pelo sequencial e sequencial bayesiano. Também é apresentado os valores de tolerância conforme tabela de Miles (1963), onde se estabelece um erro fixo de 5% (Bányai e Barabás, 2002).

Percebe-se que em 100% dos lotes avaliados a diferença entre as estimativas obtidas entre os métodos ficaram dentro do limite de tolerância, indicando uma eficiência do método. Portanto, pelo critério, pode-se dizer que houve concordância entre as estimativas obtidas por todos os métodos.

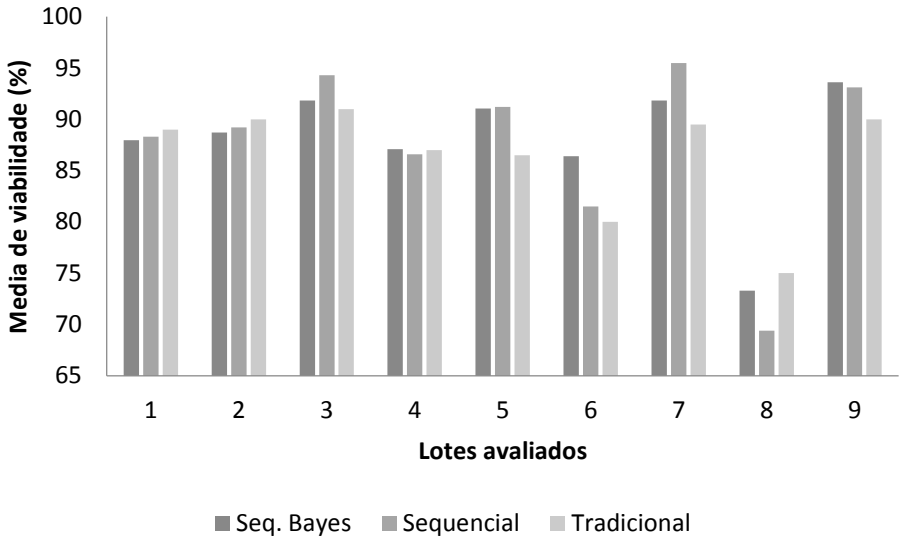


Figura 20- Comparação das percentagens médias de viabilidade das sementes de soja entre os testes.

5.2. Correlação e regressão

Os resultados de correlação e as retas de regressão para a comparação entre o método tradicional, o sequencial e o sequencial bayesino estão apresentados na Tabela 8.

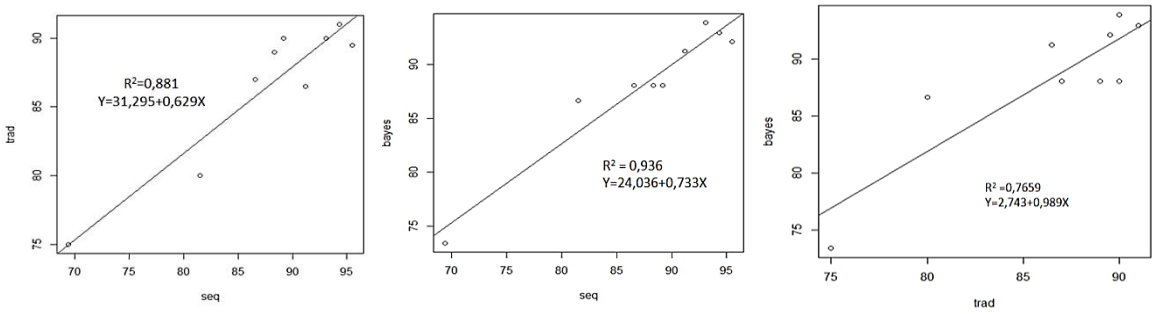
Tabela 8- Correlação e retas de regressão entre os testes sequencial e bayesiano e entre o teste tradicional e bayesiano

Testes	Coeficiente de Correlação	Reta de regressão	R^2 (%)
Tradicional (T) x Sequencial (S)	0,9389	T=31,295+0,629S	88,15
Bayesiana (B) x Tradicional (T)	0,8752	B=2,7434+0,9894T	76,59
Bayesiana (B) x Sequencial (S)	0,9674	B=24,0363+0,7326S	93,59

Observa-se maior correlação entre os resultados das estimativas bayesiana e sequencial. No entanto, o valor de coeficiente angular que demonstra maior

concordância entre os resultados, foi obtido entre o teste tradicional e o bayesiano com coeficiente igual a 0,9894, o que dentro dos demais é o mais próximo a 1.

A Figura 21 representa o diagrama de dispersão das viabilidades médias entre os testes.



(A) (B) (C)

Figura 21- Diagrama de dispersão das estimativas das proporções obtidas pelos testes: Tradicional x Sequencial (A); Bayesina x Sequencial (B) e Bayesina x Tradicional (C).

CONCLUSÕES

A percentagem de viabilidade de sementes de soja foi, em média, igual a 86,17%.

A utilização da análise sequencial para controle de qualidade da viabilidade de sementes de soja através do teste de tetrazólio permitiu reduzir o tamanho amostral em mais de 50%, sendo que a avaliação da porcentagem de sementes viáveis foi concordante com os resultados utilizando o método tradicional.

A utilização do critério de tolerância para comparação dos resultados de testes de viabilidade de sementes considerando a amostragem fixa, sequencial e sequencial bayesiano mostrou-se adequado. Houve concordância entre os métodos em 100% dos casos avaliados. Essa coerência entre os resultados evidencia a possibilidade de uso

tanto da técnica sequencial quanto a sequencial bayesiana em laboratórios, utilizando menor quantidade de sementes.

ANEXOS

Anexo A-Script do R para a regressão e correlação

```
#############Script do R para a regressão e correlação ######################
seq=c(88.3,89.2,94.3,86.6,91.2,81.5,95.5,69.4,93.1) #% média de viabilidade pelo sequencial
trad=c(89,90,91,87,86.5,80,89.5,75,90) #% média de viabilidade pelo teste tradicional
cor(seq,trad)
plot(seq,trad)  #construir o grafico de dispersao de x,y
regressao=lm(trad~seq)  #lm= linear model
regressao
abline(regressao)
anova(regressao)  #analise de variancia da regressao
#########################################################################
```

Anexo B- Script do R para curvas de priori, verossimilhança e posteriori

```
#### Script do R para curvas de priori, verossimilhança e posteriori, Lote 1######
n=101           # tamanho da população binomial
sucesso= 89     #numero de sucessos entre n tentativas
alfa=0.48
beta=0.12
prop=sucesso/n      #proporção da binomial obtida para cada lote com valor entre zero e um
priori = rbeta(1000,alfa,beta)
veross = rbinom(1000,1,prop)
posteriori = rbeta(1000,(alfa+sucesso), (beta+n-sucesso))
plot(density(veross),xlim=c(0,1.3),ylim=c(0,12.2),main="Lote 1",
xlab=expression(paste(p)),ylab="Densidade",border=NULL,lty=3)
lines(density(priori),lty=2)
lines(density(posteriori),lty=1)
legend(0.2,6,c("Priori","Verossimilhança","Posteriori"),lty=c(2,3,1),
bty="n",cex=.9)
alfapost=alfa+sucesso     #### Scrip do R para Intervalo de Credibilidade####
betapost= beta+n-sucesso
round(qbeta(0.025,alfapost,betapost),digits=3)
round(qbeta(0.975,alfapost,betapost),digits=3)
#########################################################################
```

Anexo C- Script do R para Intervalo de Confiança

```
###############Script do R para Intervalo de Confiança####################
n=200
p=0.89
z=qnorm(0.975)
erro=z*(sqrt(p*(1-p)/n))
ls=round(p+erro,digits=3)
li=round(p-erro,digits=3)
##########################################################################
```

Anexo D- Tabela de resultados do teste por semente considerando (1) viável e (0) inviável

Tabela 8- Resultados do teste por semente considerando (1) viável e (0) inviável

	Lote								
Semente	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	0	0	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	0	1	1	1	1	0
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	0	1	0	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	0	1	1	1	1	1	1	1	0
12	1	0	1	1	1	0	1	0	1
13	1	0	1	0	1	1	1	1	1
14	0	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	0	1
17	1	1	1	1	1	0	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1
19	0	1	1	1	1	1	1	1	1
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	1	0	1	0	1	1	1	1	1
24	0	1	1	0	0	1	1	0	1
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	1	1	1	1	1	1	0	1
27	1	0	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1	1	0	1
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	1	1	1	1	1	1	1	0	1
31	1	1	1	1	1	1	0	1	1
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	1	1	1	1	0	1	1	1	1
34	1	1	1	1	1	1	1	0	1
35	1	1	1	1	1	1	1	0	1
36	1	1	1	0	1	1	1	0	1
37	0	1	1	1	1	1	1	1	0
38	1	1	0	1	1	1	1	1	1
39	1	1	1	1	1	1	1	0	1
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1
41	1	1	0	1	1	0	1	1	1
42	1	1	1	1	1	1	1	1	1
43	1	1	1	1	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1	0	1	1	1
45	1	0	1	1	1	1	1	0	1
46	1	1	1	1	1	1	1	1	0
47	1	1	1	1	1	1	1	1	1
48	1	0	1	1	1	1	1	1	1
49	1	1	1	1	0	1	1	1	1
50	1	1	1	0	1	1	1	0	1
51	1	1	1	1	1	1	1	1	1
52	1	1	1	0	1	1	1	1	1
53	0	1	1	0	0	1	1	1	1
54	1	1	1	1	1	0	1	0	1

55	1	1	1	1	1	0	1	1	1
56	1	1	1	1	1	1	1	1	1
57	1	1	1	0	0	1	1	1	1
58	1	1	0	1	1	1	1	0	1
59	1	1	1	1	1	0	0	1	1
60	0	1	1	1	0	0	1	1	1
61	1	1	1	1	1	1	1	1	1
62	0	0	1	1	1	1	1	0	1
63	1	0	1	1	1	1	1	1	1
64	1	1	1	1	1	1	1	1	1
65	1	1	1	1	1	0	1	0	1
66	1	1	1	1	1	1	0	0	1
67	1	1	1	0	1	1	1	1	1
68	1	1	1	1	1	1	0	1	1
69	1	0	1	1	1	1	0	1	1
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1
71	1	1	1	0	1	1	1	1	1
72	0	1	1	1	1	1	1	1	0
73	1	1	1	1	1	1	1	1	1
74	1	1	1	1	1	1	1	1	1
75	1	1	1	1	1	1	1	1	1
76	1	1	1	0	1	1	1	1	1
77	1	1	0	1	1	0	0	1	1
78	1	0	0	1	1	0	1	1	1
79	0	1	1	1	1	1	1	1	1
80	1	1	1	1	1	1	1	0	1
81	1	1	0	1	1	0	1	1	1
82	1	1	1	1	1	1	1	0	1
83	1	1	1	1	0	1	1	1	1
84	1	1	1	1	1	1	1	1	1
85	1	1	1	1	1	1	1	1	1
86	1	1	1	1	1	1	1	1	1
87	1	1	1	1	1	1	1	0	0
88	1	1	1	1	1	0	1	0	1
89	1	1	1	1	1	1	1	1	1
90	0	1	1	1	1	1	1	1	1
91	1	1	1	1	1	1	0	1	0
92	1	1	1	1	1	1	0	0	1
93	1	1	0	1	1	1	1	0	0
94	1	1	1	1	1	1	1	0	0
95	1	0	0	1	1	1	1	0	1
96	1	1	1	1	1	1	1	1	1
97	1	1	1	1	1	1	1	1	1
98	1	1	1	1	1	0	1	1	1
99	0	1	1	1	0	1	1	1	1

100	1	1	1	1	0	1	1	1	1
101	1	1	1	0	1	1	1	0	0
102	1	1	1	1	1	1	1	1	1
103	1	1	1	1	1	1	1	0	1
104	0	1	0	1	1	1	1	0	1
105	1	1	1	0	1	1	1	1	0
106	1	1	1	1	1	0	0	1	1
107	1	1	1	0	1	1	0	1	1
108	1	1	1	1	1	1	1	0	1
109	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110	1	1	1	0	0	1	1	1	1
111	1	1	1	0	1	0	1	1	1
112	1	1	1	1	1	1	0	1	1
113	1	1	1	1	1	1	1	1	1
114	1	1	1	1	1	1	1	1	0
115	0	1	1	1	1	1	1	1	1
116	1	1	1	1	1	1	1	1	1
117	0	1	1	1	1	0	1	1	1
118	0	1	1	1	1	0	1	1	1
119	0	1	1	1	1	1	1	0	1
120	1	0	1	1	1	1	0	1	1
121	1	1	0	0	1	0	1	0	0
122	1	1	1	1	1	1	1	1	1
123	1	0	1	1	1	1	1	0	1
124	1	1	0	1	1	1	1	1	1
125	1	1	1	1	1	1	1	0	1
126	1	1	1	1	0	0	1	1	0
127	1	1	1	1	1	1	1	1	0
128	1	0	0	1	1	1	1	1	1
129	1	1	1	1	1	1	1	0	1
130	1	1	1	1	1	1	1	1	1
131	1	1	1	0	0	0	1	1	1
132	1	1	1	1	1	1	1	1	1
133	1	1	0	1	1	1	1	0	1
134	1	1	1	1	1	0	1	1	1
135	1	1	1	1	0	1	1	1	1
136	1	0	1	1	1	0	1	1	1
137	0	1	1	0	1	0	1	1	1
138	1	0	0	1	1	1	1	1	0
139	1	1	1	1	1	1	1	0	1
140	1	1	1	1	1	0	1	1	1
141	1	1	1	1	1	0	1	1	1
142	1	1	1	0	1	1	0	1	1
143	1	1	1	1	1	1	1	1	1
144	1	1	1	1	1	1	0	1	1

145	1	1	1	1	1	1	0	0	1
146	1	1	1	1	1	1	0	1	1
147	1	1	1	1	1	1	0	1	1
148	1	1	1	1	0	0	1	1	1
149	1	1	1	1	0	1	1	1	1
150	1	0	1	1	0	1	1	1	0
151	1	1	1	1	0	0	1	1	1
152	1	1	1	1	1	1	1	0	1
153	1	1	1	1	1	1	1	1	1
154	1	1	1	1	1	1	0	1	1
155	1	1	0	1	1	1	1	1	1
156	1	1	1	1	1	1	1	1	1
157	1	1	1	1	1	1	1	1	1
158	1	1	1	0	1	1	1	1	1
159	1	1	1	1	0	1	1	1	1
160	0	1	1	1	0	1	1	1	1
161	1	1	1	1	1	1	1	1	1
162	1	1	1	1	1	1	1	1	1
163	1	1	1	1	1	0	1	1	1
164	1	1	1	1	1	0	0	1	0
165	1	1	1	0	1	0	1	0	1
166	1	1	1	1	1	1	1	0	1
167	1	1	1	1	1	1	1	0	1
168	1	1	1	1	1	1	1	1	1
169	1	1	1	1	1	0	1	0	1
170	1	1	1	1	1	1	1	1	1
171	1	1	1	1	0	1	1	1	1
172	1	1	1	1	1	1	1	1	1

173	1	1	1	1	1	1	1	1	1
174	0	1	0	1	1	1	0	1	1
175	1	1	1	1	1	0	1	1	1
176	1	1	1	1	0	0	1	1	1
177	1	1	1	1	1	1	1	0	1
178	1	1	1	1	1	0	1	0	1
179	1	1	1	0	1	1	1	1	1
180	1	1	1	1	1	0	1	0	1
181	1	1	1	1	1	1	1	1	0
182	1	1	1	1	1	0	1	1	1
183	1	1	1	1	1	0	1	1	1
184	1	1	1	1	0	1	1	0	1
185	1	1	1	1	1	1	1	0	1
186	1	1	1	1	0	1	0	1	1
187	1	0	1	1	1	0	1	1	1
188	1	1	1	1	1	1	1	1	1
189	1	1	1	0	0	1	1	1	1
190	1	0	1	1	1	1	1	1	1
191	0	1	1	1	1	0	1	0	1
192	1	1	1	1	1	1	1	1	1
193	1	0	1	0	1	1	1	1	1
194	1	1	1	1	0	1	1	1	0
195	1	1	0	1	1	1	1	1	1
196	0	1	1	1	1	1	1	0	1
197	1	0	1	1	1	1	1	1	1
198	0	1	1	1	1	0	1	1	1
199	1	1	1	1	1	1	1	1	1
200	1	1	0	0	0	1	1	0	0

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BÁNYAI, J.; BARABÁS, J. **Handbook on statistics in seed testing.** International Seed Testing Association (ISTA). 2002.

BARBOSA, J.C. **A amostragem seqüencial**, In: FERNANDES, O.A.; CORREIA, A.C.B.; de BORTOLI, S.A. (ed.), Manejo integrado de pragas e nematóides. Jaboticabal: FUNEP, 1992. p. 205-211.

BERGER, J. O. **Statistical decision therory and Bayesian analysis**. 2.ed. New York: Springer-Verlag, 1985. 624p.

BIANCO, R. **Construção e validação de planos de amostragem para o manejo da lagarta docartucho - Spodoptera frugiperda** (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera, Noctuidae) na cultura do milho. 1995. 103f. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

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. 399 p.

BRIGHENTI, C. R. G., RESENDE, M., & BRIGHENTI, D. M.. Estimação sequencial Bayesiana aplicada à proporção de infestação de psilídeos em alecrim do campo. **Rev. Bras. Biom**, v. 29, n. 2, p. 342-354, 2011.

BRUM, A. L.; HECK, C. R.; LEMES, C. L.; MÜLLER, P. K.: A economia mundial da soja: impactos na cadeia produtiva da oleaginosa no Rio Grande do Sul 1970-2000. Anais dos Congressos. **XLIII Congresso da Sober em Ribeirão Preto.** São Paulo, 2005.

COSTA, N.P. da, FRANÇA NETO, J.B., KRZYZANOWSKI, F.C., HENNING, A.A., FILHO, J.M. **Teste de tetrazólio em semente de soja com precondicionamento abreviado - Série Sementes**. Londrina, PR Maio, 2008. EMBRAPA-ISSN 1516-7860.

COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C.; FRANÇANETO, J.B.; KRZYZONOWSKI, F.C.; HENNING, A. A. Qualidade fisiológica, física e sanitária de sementes de soja produzidas no brasil. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 25, nº 1, p.128-132, 2003

COSTA, N.P.; MESQUITA, C.M.; MAURINA, A.C.; FRANÇANETO, J.B.; PEREIRA, J.E.; BORDINGNON, J.R.; KRZYZONOWSKI, F.C.; HENNING, A. A. Efeito da colheita mecânica da soja nas características físicas, fisiológicas e químicas das sementes em três estados brasileiros. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.1, p. 140-145, 2001.

DEMINICIS, B. B. et al. Teste de tetrazólio para avaliação da qualidade de sementes de Clitoria ternatea L. **Revista Brasileira de Sementes,** v. 31, n. 2, p. 54-62, 2009.

ESTEFANEL, V. A **amostragem sequencial baseada no teste sequencial da razão de probabilidades e seu uso no controle de lagartas da soja no Estado do Rio Grande do Sul.** 1977. 117f. Dissertação (Mestrado em Experimentação e Estatística) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1977.

FARIAS, J.R.B.; NEPOMUCENO, A.L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 10p (Embrapa Soja. Circular Técnica, 48).

FRANÇA NETO, J.B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; COSTA, N.P. da. **O teste de tetrazólio em sementes de soja.** Londrina : EMBRAPA-CNPSo, 1998. 72p. (EMBRAPA-CNPSo. Documentos, 116).

FRANÇA NETO, J.B.; WEST, S.H. Problems in evaluating viability of soybean seed infected with Phomopsis spp. **Journal of Seed Technology**, Fort Collins, v.13, n.2, p.122-135, 1989.

FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A. **Qualidades fisiológica e sanitária de sementes de soja.** Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1980. 39p. (EMBRAPA-CNPSo. Circular Técnica, 9).

FRANÇA-NETO, J.B; HENNING, A.A; KRZYZANOWSKI, F.C. **Seed production and technology for the tropics.** In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja . Tropical soybean: improvement and production. Roma: FAO, 1994. p. 217-240.

GARTHWAITE, P. H.; JOLLIFFE, I.; BYRON, J. **Statistical inference.** 2.ed. London: Prentice Hall, 1995. p.114-131.

GELMAN, A., CARLIN, J. B., SETERN. II, S., and RUBIN, D. B. (2004) **Bayesiana Data Analysis**, 2nd ed., Chapman & Hall, London.

MARCOS FILHO, J. **Conceitos e testes de vigor para sementes de soja.** CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1., 1999, Londrina. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1999.

MILES, S. R.. **Handbook of tolerances and of measures of precision for seed testing.** Association Internationale d'Essais de Semences. 1963

MISSÃO, M. R. Soja: **Origem, classificação, utilização e uma visão abrangente do mercado.** Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais, v.3, n.1, p. 7-15, 2006.

MOORE, R.P. Tetrazolium staining for assessing seed quality. In: HEYDECKER, W. ed. **Seed ecology**. London: Butterworth, 1973. p.347-366.

MOORE, R.P. Handbook on tetrazolium testing. Zurich: **International Seed Testing Association**, 1985. 99p.

NETO, J. B. F., KRZYZANOWSKI, F. C., HENNING, A. A. **A importância do uso de semente de soja de alta qualidade.** Março/2010. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Soja. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

PAULINO, M.F.; ACEDO, T.S.; SALES, M.F.L. **Suplementação como estratégia de manejo das pastagens**. In: VOLUMOSOS NA PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 1., 2003. Jaboticabal. p. 87-100.

PESKE, S.T.; HOFS, A.; MAZER, D. Ciência e Tecnologia de Sementes no Brasi. Seed News **A revista internacional de sementes**, nov/dez 2013 - Ano XVII - N. 6

PHAM-GIA, T., TURKKAN, N. (1998) Distribution of the linear combination of two general beta variables and applications. ***Comm. Statist. – Theory Meth*.,** 27, 1851-1869.

PINHO, E. M. **Estimação Bayesiana para Medidas de Desempenho de Testes Diagnósticos.** Universidade Federal de São Carlos, 2006.

SCHLAIFER, R. O., HOWARD, R. 1961. **Applied Statistical Decision Theory**. Division of Research, Harvard Business School, Cambridge, MA. Republished in Wiley Classic Library Series (2000).

SINCLAIR, J.B. **Compendium of soybean diseases**. 2.ed. St.Paul: The American Phytopathological Society, 1982. 104p.

STURTZ, S., LIGGES, U., and GELMAN, A. (2005), "R2WinBUGS: A Package for Running WinBUGS From R," **Journal of Statistical Software,** 12 (3), 1–16.

TURNIPSEED, S.G.; KOGAN, M. Soybean entomology. **Annual Review of Entomology,** Palo Alto, v. 21, p.247-282, 1976.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. de; SADER, R. Testes de vigor e suas possibilidades de uso. In: VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. de. **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.31-47.

WALD, A. (1947). **Sequential Analysis.** New York: John Wiley and Sons. ISBN 0-471-91806-7. "See Dover reprint: ISBN 0-486-43912-7"

WALD, A. **Sequential test of statistical hypotesis**. Annals of Mathematical Statistics, v.16, p.11786, 1945.

WALKER, P. W.; ALLSOPP, P. G. Sampling distributions and sequential sampling plans for Eumargarodes laingi and Promargarodes spp. (Hemiptera: Margarodidae) in Australian sugarcane. **Environ. Entomol**., College Park, v.22, n.1, p.10-15, 1993.

WILSON, L.T., C. PICKEL, R.C. MOUNT & F.G. ZALOM. 1983a. Presence-absence sequential sampling for cabbage aphid and green peach aphid (Homoptera: Aphididae) on Brussels sprouts. **J. Econ. Entomol**. 76: 476-479.