



**GENÉTICA:
HEREDITARIEDADE
E CARACTERÍSTICAS**

Frederico Celestino Barbosa

Genética: hereditariedade e características

1ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

1ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238G Genética: hereditariedade e características

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2022

39 f.: il

DOI: 10.37423/2022.edcl530

ISBN: 978-65-5367-152-2

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. genes 2. geração 3. transmissão I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 570

<https://doi.org/10.37423/2022.edcl530>

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO
2022

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	5
CARBONO TOTAL EM PLANTAS IN VITRO DE PIMENTEIRA-DO-REINO (PIPER NIGRUM L.) SUBMETIDAS AO FILTRADO DE CULTURA DE FUSARIUM SOLANI F. SP. PIPERIS FABRÍCIA KELLY CABRAL MORAES ORIEL FILGUEIRA DE LEMOS CÉLIA REGINA TREMACOLDI ANDERSON STEILLER RODRIGUES CABRAL NILVAN CARVALHO MELO HUGO ALVES PINHEIRO DOI 10.37423/220706254	
CAPÍTULO 2	12
ESTUDOS CITOGENÉTICOS EM TRITICALE: CARACTERIZAÇÃO DE GERMOPLASMA E APOIO AO MELHORAMENTO GENÉTICO Sandra Patussi Brammer Alfredo do Nascimento Junior DOI 10.37423/220706263	
CAPÍTULO 3	27
DETERMINAÇÃO GENÉTICA DO SEXO E HEREDITARIEDADE LIGADA AOS CROMOSSOMOS SEXUAIS: UMA REVISÃO Marcelo Henrique Santos Carine Zunto Lucca Marcos Corbellini Vanessa Reniele Pollyana Rocha Eduardo Fuza José Pereira da Rocha Vitor da Conceição Florindo Isane Vera Karsburg DOI 10.37423/220706267	

Capítulo 2



10.37423/220706263

ESTUDOS CITOGENÉTICOS EM TRITICALE: CARACTERIZAÇÃO DE GERMOPLASMA E APOIO AO MELHORAMENTO GENÉTICO

Sandra Patussi Brammer

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
/ Embrapa Trigo*

Alfredo do Nascimento Junior

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
/ Embrapa Trigo*



Resumo: O tríticale (*X Triticosecale* Wittmack) é uma espécie oriunda do cruzamento artificial entre o trigo (*Triticum* spp.) e o centeio (*Secale* spp.). Estudos citogenéticos estão basicamente envolvidos na confirmação do nível de ploidia e número cromossômico; na análise do pareamento e segregação cromossômica durante a divisão celular e formação dos gametas (mitose e meiose); no acompanhamento da cromatina introgridida frente a cruzamentos interespecíficos e intergenéricos; na identificação da presença de micronúcleos nas tétrades para a determinação do índice meiótico; na variabilidade e viabilidade de grãos de pólen. As avaliações citogenéticas também permitem inferir sobre a estabilidade genética, tanto nos parentais como nas gerações segregantes, potencializando esse tipo de estudo para a seleção assistida ao melhoramento genético quanto à seleção positiva ou eliminação de genótipos instáveis geneticamente. Nesse contexto, a presente revisão aborda a importância dos estudos citogenéticos em tríticale, destacando alguns estudos de sucesso, tanto na caracterização de germoplasma como na seleção assistida aos programas de melhoramento genético da espécie.

INTRODUÇÃO

O tríticale (*X Triticosecale* Wittmack) foi desenvolvido pelo homem com a intenção de reunir em uma única espécie as características de seus precursores, apesar deste tipo de hibridação interespecífica já ter ocorrido naturalmente na natureza (Carvalho et al., 2008). Pertencente à família Poaceae, subfamília Pooideae, tribo Triticeae e subtribo Triticineae, é um cereal de inverno oriundo do cruzamento artificial entre o trigo (*Triticum spp* L.) como parental feminino e o centeio (*Secale cereale* L.) como parental masculino. É um anfidiplóide sintético, podendo conter em seu genoma 56 ou 42 cromossomos. Os triticales octoploides têm 56 cromossomos, oriundos da hibridação do trigo hexaploide ($2n=6X=42$) com o centeio diploide ($2n=2X=14$), possuindo 28 pares de cromossomos (21 do trigo, sete do genoma A, sete do genoma B e sete do genoma D) e mais sete pares de cromossomos R do centeio. Os hexaploides, com 42 cromossomos, são oriundos do cruzamento entre trigo tetraploide ($2n=4X=28$) e o centeio diploide ($2n=2X=14$). O tríticale é primário, quando provém diretamente do cruzamento entre espécies ancestrais (trigo e centeio) e secundário, quando resulta do cruzamento entre primários ou destes com outros secundários. São denominados completos ou triticales hexaploides, os que contêm todos os sete pares de cromossomos dos genomas “A” e “B”, do trigo, e “R”, de centeio. São denominados substituídos, os triticales hexaploides em que um ou mais cromossomos de centeio foram substituídos por cromossomos de trigo (Carvalho et al., 2008; Kwiątek & Nawracata, 2018).

O tríticale pode ser usado como estratégia para reduzir gasto com a matéria-prima na atividade moageira, podendo servir para a produção de massas alimentícias, biscoitos e pães (Baier et al., 1984), aliado ao fato de que apresenta melhor balanço mineral e proporção de fibras solúveis que o trigo e maior conteúdo de lisina dentre os cereais (revisão em Watanabe, 2016). Também vem sendo amplamente utilizado por produtores de suínos, gado e aves, representando uma alternativa de valor energético e proteico na alimentação dos animais, em substituição de outros cereais, além de grande importância na agricultura global e também para a produção de biocombustível, como é o caso do etanol (Nascimento Junior et al., 2004; Nascimento Junior, et al., 2008). Essa espécie é alvo de interesse nos programas de melhoramento genético, com a finalidade de unir características favoráveis de cada espécie parental, associado à qualidade nutritiva e o potencial de produção, bem como dos desafios de introgressão de variabilidade genética necessária para o desenvolvimento de novas cultivares (Corrêa et al. 2006; Kwiątek & Nawracata, 2018). Nesse sentido, Laugerotte et al. (2022) destacam a possibilidade de cruzar variedades-elites de tríticale com recursos genéticos

exóticos ou selvagens, permitindo a introdução de genes ou alelos de interesse agrônomo, visando acelerar o desenvolvimento de novas cultivares.

O melhoramento do tríticale deve ser analisado através de informações sobre o modo de reprodução, número cromossômico e comportamento meiótico para melhor orientar os cruzamentos, maximizando tempo, redução de custos e recursos físicos, principalmente pelo fato de ser um híbrido interespecífico. De acordo com Brammer et al. (2019), a caracterização de um germoplasma deve ser realizada anteriormente ao desenvolvimento dos cruzamentos no programa de melhoramento genético, pois possibilita a melhor seleção dos parentais. Além disso, Kwiatek & Nawracała (2018) abordam, em excelente revisão, que as manipulações cromossômicas dão a possibilidade de melhorar o pool genético de tríticale e seus parentes sem usar quaisquer tecnologias que estejam conectadas com ferramentas de edição de genoma e associados a organismos geneticamente modificados (OGM).

As análises citogenéticas em tríticale podem revelar várias irregularidades meióticas como não pareamento cromossômico, alta frequência de aneuploidias e esterilidade parcial (Falcão et al., 1981). De acordo com Oettler (2005), a principal causa é decorrente da insuficiência de tempo na duração da formação de quiasmas nos cromossomos do centeio na sinapse. As instabilidades meióticas podem prejudicar a aquisição de padrões mínimos para a produção do grão de pólen, quando associada com anormalidades genéticas e/ou aberrações cromossômicas, o que resulta na formação de plantas anormais, macho-esterilidade impossibilitadas de produzir grãos. Este fato é importante, pois no melhoramento genético, são utilizadas somente plantas típicas como parentais, com genótipos estáveis para realizar cruzamentos e gerar novas cultivares melhores, adequadas aos padrões da legislação brasileira de sementes (Corrêa et al., 2006). Anormalidades no processo meiótico, levando à viabilidade de pólen reduzida, são descritas em diversas outras espécies, tais como milho (*Zea mays*), *Paspalum* (*Paspalum* spp.), soja (*Glycine max*), couves (*Brassica napus* e *B. campestris*), cevada (*Hordeum vulgare*) e trigo (*Triticum aestivum*) (Pagliarini, 2000; Munaretto et al., 2020; Frizon et al., 2021).

Entretanto, uma das maneiras de verificar se o comportamento dos cromossomos é normal, é por meio da identificação de micronúcleos nas tétrades, análise de micrósporos e/ou grãos de pólen, consistindo-se de um método rápido, direto e que permite, tanto a seleção como a eliminação de genótipos indesejáveis e/ou instáveis geneticamente (Corrêa et al., 2006; Frizon et al., 2017). Ressalta-se que a análise da presença de micronúcleos em um estudo de inferência genética, como apoio ao melhoramento genético, pode ser crucial. Isso é bem documentado em revisão de Toniazzo et al.

(2018), onde descrevem que os micronúcleos são formados devido a quebras ou pontes cromossômicas durante a anáfase da meiose (I ou II), acarretando segregação cromossômica desigual pelo fato de que os cromossomos retardatários formam massas de cromatina isoladas do grupo principal e, como consequência, perda de material genético.

Portanto, ênfase especial deve ser dada para os estudos de inferência da estabilidade genética no momento dos cruzamentos e da segregação das progênies em programas de melhoramento de uma espécie, principalmente considerando-se os diferentes fatores envolvidos (biótico ou abióticos), tipo de germoplasma e os objetivos propostos (Brammer et al., 2021). As Figuras 1 e 2 apresentam algumas das características evidenciadas em estudos citogenéticos de tríticale.

ESTUDOS CITOGENÉTICOS EM TRITICALE: EXEMPLOS DE SUCESSO

Quando se pretende iniciar um programa de melhoramento genético de uma determinada espécie, algumas premissas básicas devem estar bem estabelecidas, principalmente o objetivo do programa e o conhecimento da espécie a ser trabalhada. Além do sistema de cruzamento envolvido é fundamental conhecer a constituição genômica, ou seja, o número cromossômico e o nível de ploidia. Na Embrapa Trigo, são realizadas essas avaliações citogenéticas desde a década de 2000 e em praticamente todos os genótipos que são usados nos blocos de cruzamento, durante a fase das hibridações do programa de melhoramento da espécie. Outros estudos são realizados associando à citogenética com o melhoramento genético de tríticale e dentre esses, destacam-se, a seguir, alguns realizados, principalmente, no Brasil.

Considerando a área da citogenética clássica, Brammer et al. (2002) determinaram o nível de ploidia em genótipos de tríticale, visando identificar os hexaploides e octaploides, para uso no programa de melhoramento genético da Embrapa Trigo, bem como contribuir para o conhecimento da espécie e caracterização do germoplasma em estudo. Basicamente, foram analisadas a mitose de pontas de raízes, obtidas de sementes germinadas em papel germitest. Após a coleta das raízes com 1,5 cm de comprimento, fez-se o pré-tratamento a 4°C por 24 horas, seguido da fixação com solução em Carnoy 3:1 (3 álcool etílico: 1 ácido acético, v:v), por 24 horas em temperatura ambiente e conservadas em álcool etílico 70% a -20°C, até a preparação das lâminas. Para isso, as raízes foram retiradas do álcool 70% e postas em hidrólise com HCl 1N, por 12 minutos a 60°C, seguido da lavagens e secagem das raízes e imersão no corante Feulgen, por cerca de uma hora no escuro. De imediato, preparou-se as lâminas macerando bem o material e substituindo o corante por carmim acético 1%. Procedeu-se a

visualização ao microscópio ótico, cujas determinações foram feitas em células bem individualizadas na metáfase mitótica. Esse procedimento é o mais comumente usado no Laboratório de Biotecnologia da Embrapa Trigo e também em diversos centros de pesquisas e universidades.

Considerando os estudos de meiose, variabilidade e viabilidade do grão de pólen, Falcão et al. (1981) abordam a relação do efeito genotípico e ambiental no comportamento meiótico e a influência de anormalidades cromossômicas na fertilidade de tríticale hexaploide. Para as autoras, durante os processos da fertilização até a obtenção da semente madura, vários fatores genéticos e ambientais estão envolvidos, além da regularidade meiótica. Segundo Brambatti (2010), por meio de estudos de mitose e/ou meiose, eliminam-se os materiais instáveis com anormalidades citológicas, aumentando a probabilidade de que aqueles mais estáveis sejam escolhidos em etapa anterior à multiplicação de sementes, permitindo um maior avanço na seleção e evitando que anomalias sejam repassadas de geração para geração. Nesse contexto, Rosa et al. (2006) observaram que existem diferenças entre genótipos de tríticale quanto à frequência de tétrades irregulares e genótipos que apresentam irregularidades meióticas, mas que podem produzir pólen viável e em quantidade elevada. Por sua vez, Zanotto et al. (2009) encontram porcentagem média de grãos de pólen viáveis em genótipos de tríticale, oriundos do bloco de cruzamentos, entre 68,6% a 98,8%. Tais valores foram considerados altos entre genótipos bem distintos geneticamente.

No caso de estudos que analisam diretamente algumas fases da meiose até o desenvolvimento do grão de pólen, destaca-se o de Guerra et al. (2011) onde foram observadas irregularidades em anáfase I, como cromossomos retardatários, micronúcleos em telófase I e II telófase, tétrade normal e tétrade com micronúcleos, além de pólen inviável, o que comprometeu tanto o comportamento meiótico quanto o índice meiótico. Verificaram que a porcentagem de polens viáveis foi mais elevada ao serem comparados com os seus Índices Meióticos (IM). Mencionam que as porcentagens de células normais foram sempre maiores em plantas sob condições de campo do que aquelas em casa de vegetação. Para todas as características estudadas, as plantas cultivadas em condições de campo são melhores do que aquelas em casa de vegetação, o que levou à conclusão de que fatores ambientais, no ambiente protegido, afeta negativamente as características reprodutivas analisadas. Ainda com relação à essa temática, Zimmermann et al. (2014) analisaram genótipos de triticales da população estruturada Embrapa 53/BRS Minotauro do programa de melhoramento genético da Embrapa Trigo. A análise da presença de micronúcleos e IM foi realizada com os parentais e os híbridos F_1 e F_2 , sendo que os métodos empregados foram os usuais do Laboratório de Biotecnologia. As análises foram em

microscopia ótica e com três repetições por genótipo, onde foram analisadas 300 tétrades/lâmina, totalizando 4.584. O IM foi calculado considerando o número de tétrades normais/número total de tétrades analisadas x 100, sendo verificado para a cultivar Embrapa 53 com 87%, BRS Minotauro com 78%, F₁ com 68% e F₂ com 79%. Esses resultados indicam que para esta população, a geração F₁ apresentou menor IM e a diferença dos índices entre os pais pode estar contribuindo para os demais IMs, representando a necessidade de retrocruzamentos, visando obter índices acima de 90%.

Dentro da estratégia de retrocruzamentos, Giacomini et al. (2015) analisaram o comportamento meiótico, a viabilidade do pólen e estabilidade meiótica também para as cultivares Embrapa 53 e BRS Minotauro e seus híbridos nas gerações F₁, F₂ e retrocruzamentos RC₁ e RC₂. Os resultados das avaliações citogenéticas quanto à presença de micronúcleos em tétrades, demonstraram que o IM variou de 68 a 87%, considerando a categoria normal para as tétrades sem micronúcleo. Nas análises da viabilidade polínica, a porcentagem de grãos de pólen binucleados e/ou trinucleados, considerados viáveis, variou de 59% na geração F₁ a 79%, no RC₂. Quanto à presença de grãos de pólen vazios ou com mais de um poro, ambos considerados inviáveis, a frequência foi de 5,18% e 0,38%, respectivamente. Concluíram, por meio das análises estatísticas, que o retrocruzamento afeta positivamente a estabilidade meiótica do tríticale e que esse método deve ser considerado pelos melhoristas no momento que se almeja obter linhagens de tríticale com melhor estabilidade genômica.

Por sua vez, Brambatti et al., (2016), ao analisarem a viabilidade polínica, em genótipos de triticales hexaploides oriundos do bloco de cruzamentos do programa de melhoramento genético da Embrapa Trigo, visaram inferir sobre a estabilidade genética do material biológico e com isso demonstrar que os estudos citogenéticos representam excelente ferramenta de apoio ao melhorista na escolha dos genótipos mais estáveis. Nesse estudo, foram avaliados 29 genótipos, com cinco repetição cada, por meio de microscopia ótica e técnica de Squash, totalizando 1.000 grãos de pólen/genótipo. As variáveis analisadas foram: grãos de pólen binucleados e trinucleados, com pouco amido, vazios, com mais de um poro e de tamanhos diferentes. Os resultados obtidos demonstraram que houve diferença significativa entre todas as variáveis, sendo que a porcentagem de grãos de pólen binucleados e/ou trinucleados (viáveis) variou de 74 a 97%. Ao mesmo tempo, identificaram que 66% dos genótipos apresentaram viabilidade polínica acima de 90%, estando aptos a continuar fazendo parte do programa de melhoramento genético de tríticale, tanto na seleção de parentais como durante os cruzamentos e retrocruzamentos.

Entre outras técnicas citogenéticas, as de bandeamentos cromossômicos, muito utilizadas nas décadas de 1960 a 1980, eram aplicadas nos estudos evolutivos, principalmente para verificar as diferenças nas estruturas cromossômicas entre os indivíduos da mesma espécie, espécies relacionadas dentro da mesma família ou gênero e em populações (Jouve et al., 1980; Martin & Hesemann, 1988). Entretanto, a maioria dos estudos são realizados com diferentes estratégias metodológicas para a melhor compreensão dos aspectos genéticos envolvidos (Zhang et al., 1998; Hohmann et al., 1999; Bento et al., 2008; Zhou et al., 2007; Laugerotte et al., 2022)

Das estratégias mais recentes, destacam-se às aplicadas pela citogenética molecular (Brammer et al., 2006), impulsionadas a partir de 1990, em que podem ser visualizados os cromossomos e/ou cromatina distendida por métodos fluorescentes, via Hibridização In Situ Fluorescente (FISH) ou Hibridização Genômica In Situ (GISH). Brammer et al. (2013) mencionam que para as Triticeae a ampla hibridação entre espécies relacionadas representa um potencial prático no melhoramento genético, em função da facilidade de cruzamento e do grande conhecimento de seus genomas. A área da citogenética molecular, analisa com grandes detalhes a estrutura cromossômica, o acompanhamento da quantidade de cromatina introgressada em cruzamentos interespecíficos, os pareamentos intergenômicos em plantas híbridas, além da verificação da posição de genes e de marcadores moleculares, muito útil na integração de mapas genéticos e cromossômicos (Brammer et al., 2013). A FISH tem sido utilizada principalmente para localizar diferentes sequências de DNA em cromossomos mitóticos ou meióticos, em núcleos interfásicos e em fibras de cromatina estendidas. Por sua vez, a GISH tem aplicações na evolução, na caracterização de genomas e cromossomos em híbridos poliploides, alopoliploides parciais e linhagens recombinantes, hipo-haploides, assim como na identificação de introgressões gênicas, translocações e inversões contribuindo de forma eficiente na análise da estabilidade cariotípica e na escolha dos melhores genótipos visando à seleção assistida do melhoramento genético (Brasileiro-Vidal et al., 2002; Peñaloza & Pozzobon, 2007).

A técnica de GISH é amplamente usada em tríticale, pelo fato de ser um híbrido interespecífico e intergenérico, o que permite inúmeros estudos, desde a confirmação do nível de ploidia e número cromossômico para cada parental como da estabilidade cromossômica no híbrido e gerações segregantes, além de acompanhamento de introgressões gênicas e identificações de translocações. Brambatti (2010) analisou a presença de possíveis translocações em cinco genótipos de triticales. Quanto ao nível de ploidia, todos foram hexaploides ($2n=6x=42$). Comparando-se os genótipos, foi possível verificar que as cultivares BRS Ulisses, Tríticale BR 4, assim como as linhagens PFT 0803 e PFT

112, apresentaram o padrão cromossômico normal e dentro do esperado para a espécie, embora em BRS Minotauro o padrão cromossômico foi diferenciado, demonstrando a existência de possíveis translocações. Entretanto, a autora menciona que no presente estudo, não pode verificar quais braços cromossômicos e quais genomas de trigo estão associados a estas translocações com o genoma do centeio e que a presença de translocações, não pode ser indicativo de irregularidade no processo meiótico em virtude de que as células analisadas eram somáticas, e não gaméticas, necessitando de maiores estudos.

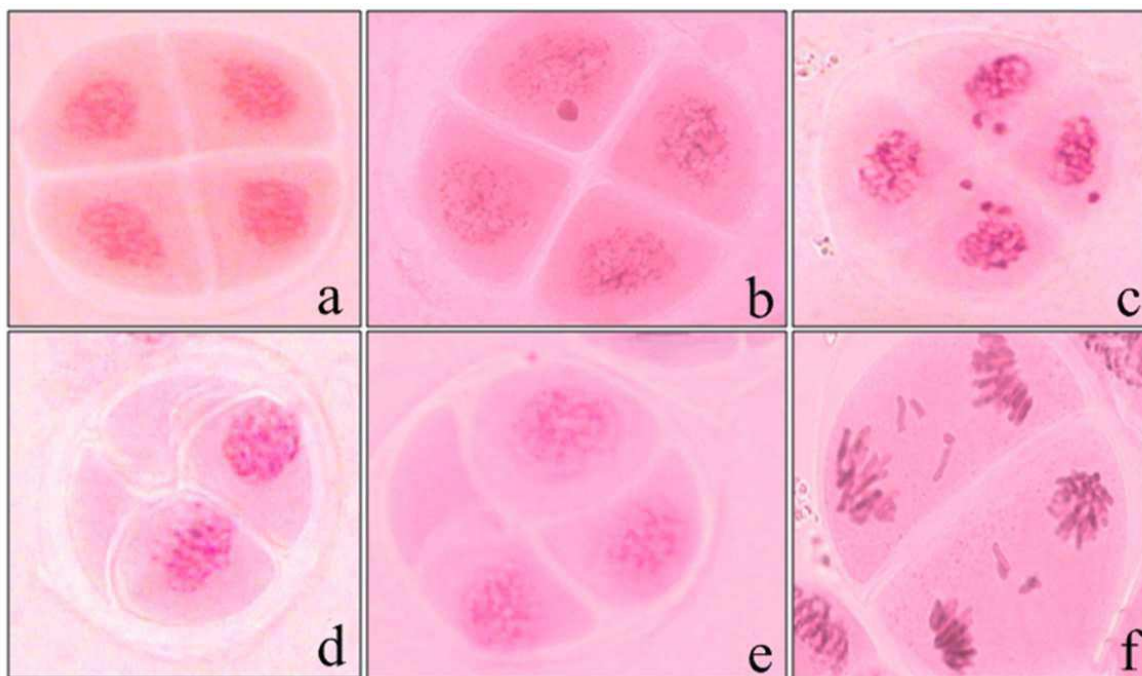


Figura 1: Tétrade normais e anormais em triticale: (a) tétrade normal; (b) com um micronúcleo; (c) com mais de um micronúcleo por microsporo; (d) díade; (e) tríade; (f) cromossomos retardatários na meiose I.

Fotos: Zimmermann, L.S. (2015) – estagiária de iniciação científica da Embrapa Trigo.

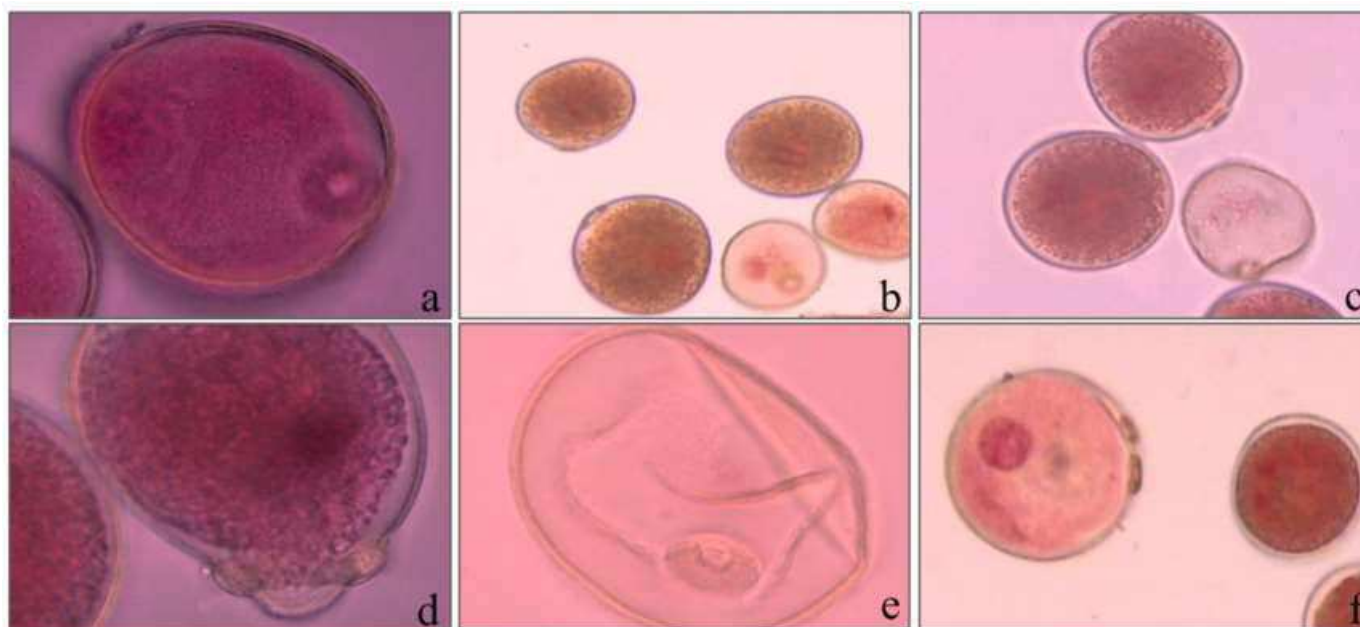


Figura 2: Variabilidade e viabilidade dos grãos de pólen em triticale: (a) bi/trinucleado com bastante amido, um poro e tamanho normal; (b) bi/trinucleado com bastante amido (seta), um poro e tamanhos diferentes; (c) tamanho menor com pouco amido (seta); (d) com mais de um poro visualizados nas setas; (e) vazio; (f) pólen com três poros (setas) e de tamanho maior com pouco amido.

Fotos: Zimmermann, L.S. (2015) - estagiária de iniciação científica da Embrapa Trigo.

4. CONCLUSÃO

Os estudos citogenéticos permitem analisar e inferir sobre a estabilidade genética, tanto nos parentais como nas gerações segregantes, representando excelentes ferramentas para a identificação e seleção dos melhores genótipos, bem como potencializando esse tipo de estudo, tanto na caracterização de germoplasma como na seleção assistida em programas de melhoramento genético de triticale.

REFERÊNCIAS

- BAIER, A.C.; NEDEL, J.L. Triticale breeding in Brazil. Genetics and breeding of triticale. Clemont-Ferrand: Instituto National de La Recherche Agronomique, p.497-502, 1984.
- BENTO, M.; PEREIRA, S.H.; ROCHETA, M.; GUSTAFSON, P.; VIEGAS, W.; SILVA, M. Polyploidization as a Retraction Force in Plant Genome Evolution: Sequence Rearrangements in Triticale. PLoS ONE, v. 1, e1402, 2008.
- BRAMBATTI, A. Viabilidade polínica e hibridização genômica in situ aplicada ao melhoramento de triticale. 85f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2010.
- BRAMBATTI, A.; BRAMMER, S.P.; WIETHÖLTER, P.; NASCIMENTO JUNIOR, A. Estabilidade genética em triticale estimada pela viabilidade polínica. Arquivos do Instituto Biológico, v.83, p.1-7, 2016.
- BRAMMER, S.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; RADIN, A.; BAIER, A.C.; IORCZESKI, E.; FERNANDES, M.I.B.M.; ZANATTA, A.C.A.; MILACH, S.C.K. Análise citológica e molecular de genótipos de Triticale. In: Anais da VIII Reunião Brasileira de Pesquisa de Triticale, p. 93-98, 2002.
- BRAMMER, S.P.; VASCONCELLOS, S.; POERSCH, L.B.; OLIVEIRA, A.R.; VIDAL, A.C.B. Genomic in situ Hybridization in Triticeae: A Methodological Approach In: ANDERSEN, S.B. (Ed.). Plant Breeding from Laboratories to Fields. In Tech, 2013, v.01, p. 3-22.
- BRAMMER, S.P.; IORCZESKI, E.J.; BONATO, A.L.V.; ALBUQUERQUE, A.C.S.; SCAGLIUSI, S.M.M.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; BAGGIO, M I.; PRESTES, A.M.; BRASILEIRO-VIDAL, A.C.; GUERRA, M.; CARDOSOS, M.B.; ZANETTINI, M.H.; KALTCHUK-SANTOS, E. Atividades de pesquisa em citogenética molecular do Núcleo de Biotecnologia Aplicada a Cereais de Inverno (NBAC) da Embrapa Trigo. In: Reunião da Comissão Sul-brasileira de Pesquisa de Trigo e de Triticale, 2006. Disponível: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129848/1/ID43137-2006reuniaotrigo-CD-164fito1.pdf>.
- BRAMMER, S. P.; FRIZON, P.; URIO, E.A. Caracterização citogenética em genótipos de trigo: presença de micronúcleos e viabilidade polínica. In: SILVA NETO, B.R. Inventário de recursos genéticos. Ponta Grossa, PR. Editora Atena, 2019, p.1-12.
- BRAMMER, S. P.; CARGNIN, A.; KIIHL, T.A.M.; TEIXEIRA, T.; CASASSOLA, A.; CECCON, C.C. Morpho-agronomic, cytogenetic and molecular characterization of synthetic wheat accessions as a potential germplasm for plant breeding. Journal of Agricultural Sciences Research, v.1, p.1-13, 2021.
- BRASILEIRO-VIDAL, A.C.; GUERRA, M. Citogenética molecular em cereais. In: BRAMMER, S.P.; IORCZESKI, E.J. (Org.). Atualização em técnicas celulares e moleculares aplicadas ao melhoramento genético vegetal. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. p. 277-298.
- CARVALHO, F.I.F.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; PIANA, C.F.B. Triticale In: BARBIERI, R.L.; STUMPF, E.R.T. (ORGS.). ORIGEM E EVOLUÇÃO DE PLANTAS CULTIVADAS. BRASÍLIA, DF: ED. EMBRAPA INFORMAÇÃO Tecnológica, 2008, p. 854-890.

CORRÊA, S.G.M.; ROSA, S.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; BRAMMER, S.P.; VIÉGAS, J. Comportamento Meiótico de genótipos de Triticale Hexaploide. Disponível em: http://www.ufpel.edu.br/cic/2006/arquivos/CB_00891.rtf., 2006.

FALCÃO, T.M.M.A.; MORAES-FERNANDES, M.I.B.; BODANESE-ZANETTINI, M.H. Genotypic and environmental effect on meiotic behavior and the influence of chromosomal abnormalities on fertility of hexaploid Triticale (X Triticosecale Wittmack). *Revista Brasileira de Genética*, v.4, n.4, p.611-624, 1981.

FRIZON, P.; BRAMMER, S. P.; LIMA, M. I. P. M.; CASTRO, R. L. D.; DEUNER, C. C. Genetic stability in synthetic wheat accessions: cytogenetic evaluation as a support in breeding programs. *Ciência Rural*, v.47, e20160314, 2017.

FRIZON, P.; BRAMMER, S.P.; DEUNER, C.C.; CHECHI, A.; LIMA, M.I.P.M.; SCHEEREN, P.L. Genetic stability in interspecific hybridizations of wheat populations determined by meiotic index and pollen viability. *Biotemas*, v.34, p.1-9, 2021.

GIACOMIN, R.M.; ASSIS, R.; BRAMMER, S.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; DA-SILVA, P.R. Backcrossing to increase meiotic stability in triticale. *Genetics and Molecular Research*, v.14, p.11271-11280, 2015.

GUERRA, D.; PACHECO, M.T.; FERERIZZI, L.C. Analysis of self-fertilization and meiotic behavior of eleven Brazilian triticale cultivar sat two sowing dates. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v.11, p.114-124, 2011.

HOHMANN, U.; ZOLLER, J.; HERRMANN, R.G.; KAZMAN, M.E. Physical mapping and molecular-cytogenetic analysis of substitutions and translocations involving chromosome 1D in synthetic hexaploid triticale. *Theoretical and Applied Genetics*, v. 98, p. 647-656, 1999.

Jouve, N.; Dfez, N.; Rodriguez, M. C-Banding in 6x-Triticale X Secale cereale L. *Hybrid Cytogenetics. Theoretical and Applied Genetics*, v. 57, p.75-79, 1980.

KWIATEK, M.T; NAWRACATA, J. Chromosome manipulations for progress of triticale (xTriticosecale) breeding. *Plant Breeding*, v.137, p.823–831, 2018.

LAUGEROTTE, J.; BAUMANN, U.; SOURDILLE, P. Genetic control of compatibility in crosses between wheat and its wild or cultivated relative. *Plant Biotechnology Journal*, v.20, p.812–832, 2022.

MARTIN. J.; HESEMANN, C.U. Cytogenetic investigations in wheat, rye and triticale. I. Evaluation of improved Giemsa C- and fluorochrome banding techniques in rye chromosomes. *Heredity*, v. 61, p. 459-467, 1988.

MUNARETTO, D.; BRAMMER, S.P.; LÂNGARO, N.C.; MINELLA, E.; LIMA, M.I.P.M. Viabilidade polínica e inferência da estabilidade genética em genótipos de cevada. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento nº 95/Embrapa Trigo*, 17p. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/222525/1/BolPesqDes-95-online-2021.pdf>, 2020.

NASCIMENTO JUNIOR, A.; BAIER, A.C.; TEIXEIRA, M.C.C.; WIETHÖLTER, S. Triticale in Brazil. In: MERGOUN, M.; GOMEZ-MACPHERSON, H. (Org) Triticale Improvement and Production. Roma: FAO, 2004.

NASCIMENTO JUNIOR, A.; SCHEEREN, P.L.; SILVA, M.S.; CAIERÃO, E.; EICHELBERGER, L.; LIMA, M.I.P.M.; BRAMMER, S.P.; ALBUQUERQUE, A.C.S. BRS Minotauro - Triticale Cultivar. Crop Breeding and Applied Biotechnology, v.8, p.174-176, 2008.

OETTLER, G. The fortune of a botanical curiosity – Triticale: past, present and future. Journal of Agricultural Science, v.143, p. 329-346, 2005.

PAGLIARINI, M.S. Meiotic behavior of economically important plant species: the relationship between fertility and male sterility. Genetics and Molecular Biology, v.23, p. 997-1002, 2000.

PEÑALOZA, A.D.P.S.; POZZOBON, M.T. Caracterização Citogenética de Germoplasma Vegetal. In: NASS, L. L. (Ed.). Recursos Genéticos Vegetais. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2007. p. 308-342.

ROSA, P.S.; CORRÊA, M.G.S.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; BRAMMER, S.P.; VIÉGAS, J. (2006) Análise de tétrades e grãos de pólen em triticale hexaploide. Disponível em:

http://www2.ufpel.edu.br/cic/2006/resumo_expandido/CB/CB_00895.pdf, 2006.

TONIAZZO, C.; BRAMMER, S.P.; CARGNIN, A.; WIETHÖLTER, P. Ocorrência de micronúcleos e inferência da instabilidade genética em acessos de trigos sintéticos. Boletim de pesquisa e desenvolvimento online n° 88/Embrapa Trigo, 18p. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177641/1/ID44329-2017BPDO88.pdf>, 2018.

ZHANG, X.Q.; WANG, X.P.; JING, J.K.; ROSS, K.; HU1AND, H.; GUSTAFSON, J.P. Characterization of wheat-triticale doubled haploid lines by cytological and biochemical markers. Plant Breeding, v.117, p.7-12, 1998.

ZHOU, J.P.; YANG, Z.L.; FENG, J.; ZHANG, X.J.; LI, G.F.; REN, Z.L. Morphological, Cytogenetic and Molecular Identification of a New Triticale. Cereal Research Communications, v.35, p.1385–1395, 2007.

ZANOTTO, M.; BRAMMER, S.P.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; SCAGLIUSI, S.M. Viabilidade polínica como seleção assistida no programa de melhoramento genético de triticale. Ciência e Agrotecnologia, v.33, p.2078-2082, 2009.

ZIMMERMANN, L.S.; NASCIMENTO JUNIOR, A.; BRAMMER, S.P.; CAVERZAN, A. Índice Meiótico e Estabilidade Genética em Triticale. In: IX Mostra de Iniciação Científica da Embrapa Trigo e VI Mostra de Pós-Graduação da Embrapa Trigo, Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2014. v. 1. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/125414/1/2014-Mostra.pdf>.

WATANABE, E. Caracterização físico-química e reológica de triticale (X Triticosecale Wittmack) visando à aplicação em biscoito tipo cookie. 73 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.