

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA
AGR99006 - DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**Éverton Selau da Rosa
00261329**

Acompanhamento das Etapas do Melhoramento de Trigo na Biotrigo Genética.

PORTO ALEGRE, Setembro de 2019.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
CURSO DE AGRONOMIA

**Acompanhamento das Etapas do Melhoramento de Trigo na Biotrigo
Genética.**

Éverton Selau da Rosa
00261329

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito para obtenção do Grau de Engenheiro
Agrônomo, Faculdade de Agronomia, Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Supervisor de campo do Estágio: Eng. Agr., Msc. Gustavo Mazurkiewicz

Orientador Acadêmico do Estágio: Profa. Eng. Agr., Dra. Renata Pereira da Cruz

COMISSÃO DE AVALIAÇÃO

Prof. Pedro Alberto Selbach - Departamento de Solos (Coordenador)

Prof. Alberto Vasconcellos Inda Junior - Departamento de Solos

Prof. Alexandre de Mello Kessler - Departamento de Zootecnia

Profa. Carine Simioni - Departamento de Plantas Forrageiras e Agrometeorologia

Prof. Itamar Cristiano Nava - Departamento de Plantas de Lavoura

Prof. José Antônio Martinelli - Departamento de Fitossanidade

Prof. Sérgio Tomasini - Departamento de Horticultura e Silvicultura

PORTO ALEGRE, Setembro de 2019.

AGRADECIMENTOS

À Deus e Nossa Senhora Aparecida por guiar-me através de caminhos iluminados que levam à realização dos meus objetivos.

Aos meus pais, Flávia Rosane Selau e José Souza da Rosa, envolvidos desde a infância na agricultura, por ensinar que a humildade, seriedade e trabalho são valores essenciais, por falarem e também ouvirem o que tenho a dizer, pelos incentivos e apoio incondicional às minhas decisões e por aceitarem quem sou desde sempre!

A minha orientadora acadêmica, Professora Renata Pereira da Cruz, por me auxiliar no que foi preciso na realização do estágio e defesa do mesmo. Devido a sua dedicação e prazer no que faz, me fez perceber um novo caminho na Agronomia através do melhoramento genético de plantas.

À Biotrigo Genética Ltda. e aos profissionais da sede em Passo Fundo, por me acolherem, ensinarem e por permitirem o conhecimento de novos lugares, oportunidade pela qual valorizo e certamente nunca esquecerei. Sinto enorme orgulho ao dizer que fiz parte da equipe que possui os melhores trigos da América Latina.

Aos poucos amigos que ficaram, porém sinceros, minha eterna gratidão por decidirem ficar. Em especial a minha sempre fiel dupla, Gabriela Petry, por seus conselhos, ensinamentos e companheirismo, formando uma bela amizade.

RESUMO

O Trabalho de Conclusão de Curso foi realizado tendo como base as atividades exercidas durante o Estágio Supervisionado em Agronomia, no período de 07 de janeiro a 28 de fevereiro de 2019, na Biotrigo Genética Ltda. As atividades foram realizadas na matriz da empresa, localizada em Passo Fundo, RS, com o objetivo de realizar diferentes atividades inerentes ao programa de melhoramento genético de trigo na contra-estação de cultivo. Por meio de atividades referentes à condução de genitores no bloco de cruzamentos e de populações segregantes em avanço de gerações de autofecundação, realização de cruzamentos artificiais, seleção de grãos e preparos de plantio, alcançou-se o entendimento sobre o funcionamento geral de um programa de melhoramento genético, da cultura do trigo e região, convivência com pessoas experientes na área e de algumas etapas específicas do processo de desenvolvimento de uma cultivar de trigo no Brasil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Condução das gerações segregantes em casas de vegetação e telados em vasos (a) e canteiros (b)	17
Figura 2 - Emasculação: retirada das anteras (a) e espiga emasculada (b)	22
Figura 3 - Polinização: extrusão das anteras (a), espiga descartada (b) e bloco de cruzamentos (c)	24
Figura 4 - Seleção de sementes: materiais para avaliação (a), enchimento incompleto de grãos (b), grãos giberelados (c) e grãos germinados (d)	26

SUMÁRIO

1	Introdução	7
2	Caracterização de Passo Fundo	8
2.1	Aspectos socioeconômicos	8
2.2	Aspectos edafoclimáticos	9
3	Caracterização da Biotrigo Genética Ltda.	10
4	Referencial teórico	12
4.1	A cultura do trigo	12
4.2	Principais problemas do trigo	13
4.3	Melhoramento genético do trigo	14
4.3.1	Objetivos do melhoramento do trigo.....	14
4.3.2	Tipos de cultivares e geração de variabilidade genética.....	15
4.3.3	Métodos de melhoramento	16
5	Atividades realizadas	17
5.1	Avanço de gerações	17
5.1.1	Plantio	17
5.1.1.1	Vasos	18
5.1.1.2	Canteiros	18
5.1.2	Controle de plantas daninhas	19
5.1.3	Irrigação	19
5.2	Bloco de cruzamentos	20
5.2.1	Condução das plantas	20
5.2.2	Cruzamentos artificiais: emasculação e polinização	21
5.3	Seleção de sementes	24
5.4	Outras atividades	26
6	Discussão	27
7	Considerações finais	30
	Referências	31

1 Introdução

O estágio curricular obrigatório do Curso de Agronomia foi realizado na Biotrigo Genética Ltda., empresa com sede em Passo Fundo, região norte do Rio Grande do Sul, Brasil. A Biotrigo entrou oficialmente no mercado de melhoramento genético de trigo há pouco mais de uma década e vem consolidando sua marca no setor tritícola nacional e Latino-Americano. A supervisão das atividades foi feita pelo Eng. Agr., Msc. Gustavo Mazurkiewicz e orientação acadêmica da Profa. Eng. Agr., Dra. Renata Pereira da Cruz, durante o período de 07 de janeiro a 28 de fevereiro de 2019, compreendendo 300 horas.

A escolha do local de estágio se deu devido à vontade pessoal em trabalhar na área de melhoramento genético vegetal, buscando uma visão prática de um programa consolidado e ativo no mercado, que possui agilidade no lançamento de cultivares e grande potencial competitivo. O melhoramento genético de plantas é uma área muito importante das ciências agrárias, já que ao selecionar plantas geneticamente superiores se está determinando quais serão as futuras cultivares e, conseqüentemente, as futuras matérias primas que servirão a toda sociedade.

Além do conhecimento na área específica de melhoramento genético, com acompanhamento de algumas etapas do programa conduzido pelo método genealógico modificado, o estágio proporcionou grandes avanços no conhecimento da cultura do trigo e também da região. O cultivo de trigo abrangeu praticamente dois milhões de hectares em 2018 no Brasil, sendo 681,7 mil hectares somente no Rio Grande do Sul (CONAB, 2019). O trigo faz parte da base da alimentação de grande parcela da população mundial devido à sua importância nutricional no fornecimento de energia na dieta humana.

Foram desenvolvidas atividades como semeadura em casas de vegetação e telados de genitores para cruzamentos e também avanço de gerações de autofecundação, arranquio de plantas daninhas, organização e preparo de plantio para semeadura a campo, hibridação artificial de genitores e seleção de sementes. O local de atuação na empresa foi o laboratório de pesquisa em sementes, contando com casas de vegetação, telados, salas para quebra de dormência e polinização, banco de germoplasma e salas de escritório.

2 Caracterização de Passo Fundo

2.1 Aspectos socioeconômicos

O município de Passo Fundo localiza-se no norte do Estado do Rio Grande do Sul, na mesorregião do Noroeste Rio-grandense (IBGE, 1990). A população estimada em 2018 foi de 201.767 habitantes e a área estimada de 783,6 km². Possui distância de aproximadamente 295 km de Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul. As principais vias de acesso são a BR 285 (Lagoa Vermelha/Carazinho), RS 135 (Erechim), RS 153 (Soledade/Porto Alegre) e RS 324 (Marau/Bento Gonçalves) (PASSO FUNDO, 2017a).

O índice de desenvolvimento humano (IDH) do município é de 0,776, considerado alto. O Produto Interno Bruto (PIB) em 2016 foi de R\$ 8,4 bilhões e corresponde ao 6º maior do Rio Grande do Sul e 109º do Brasil, oriundo da agropecuária, indústria e comércio com presença marcante em setores da saúde e educação (IBGE, 2019).

Passo Fundo tem origem no século XIX, a partir do ano de 1827. A trilha dos tropeiros, utilizada para o comércio de animais em São Paulo, alimentou os negócios na freguesia de Passo Fundo, atraindo novos residentes e forasteiros de passagem, que se somaram aos 370 habitantes ali agrupados em 1853. A cidade emancipou-se em 1857 e no início do século XX, Passo Fundo se conectaria com São Paulo por via dos trilhos dos trens, provocando um processo acelerado de urbanização e atividade econômica, que resultou na construção de hotéis, casas de comércio, hospitais, residências e indústrias. Em 1917, Passo Fundo fazia vendas de madeira, milho, banha, trigo, erva-mate, gado, feijão e outros produtos agropecuários e industrializados (LECH, 2007).

Atualmente, novos empreendimentos industriais incrementam a geração de riqueza e contribuem para a qualificação dos processos produtivos, comerciais e logísticos, influenciando no crescimento do setor de serviços, que emprega grande parte da população (PASSO FUNDO, 2017b). No que se refere ao setor agropecuário, em 2007 foram cultivadas 37,6 mil hectares de soja e 4 mil hectares de trigo, além disso, o rebanho bovino do município era de 10 mil bovinos (IBGE, 2019).

2.2 Aspectos edafoclimáticos

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), os solos da unidade de mapeamento de Passo Fundo se classificam predominantemente como Latossolos Vermelhos, caracterizados por serem solos profundos (mais de 250 cm), argilosos, bem drenados, porosos, de coloração avermelhada e muito friáveis. Normalmente há o desenvolvimento de um horizonte B latossólico, podendo ocorrer uma ligeira podzolização. Corrigida a acidez do solo e realizada adubação corretiva para fósforo e potássio, além de adoção de práticas de conservação do solo, estes solos podem apresentar ótimos rendimentos para as culturas anuais principalmente trigo, milho e soja (MSRS, 2017).

A altitude média do município é de 690 m e as formas de relevo em Passo Fundo são bastante homogêneas, retratadas de modo geral por colinas suaves, arredondadas, conhecidas também como “coxilhas”, esculpidas em rochas vulcânicas básicas da Formação Serra Geral (Jurássico-Cretáceo). Eventualmente são intercaladas por rochas areníticas eólicas da Formação Botucatu, além de rochas sedimentares, em menores proporções, correspondentes à Formação Tupanciretã (PASSO FUNDO, 2009). A vegetação da região é composta predominantemente por campos abertos e também por formações florestais compostas por matas nativas com araucária, conhecida como Floresta Ombrófila Mista (PASSO FUNDO, 2017a).

Conforme a classificação climática de Köppen, o município situa-se nas condições Cfa que caracteriza regiões mais elevadas e frias do território Sul-riograndense, com chuvas bem distribuídas durante o ano e formação de nevoeiros de forma frequente (PASSO FUNDO, 2009). No verão verifica-se uma precipitação média mensal acima de 120 mm. A temperatura média compensada anual é de 18°C, com máximas em torno de 28°C em janeiro e temperatura média no inverno chegando a valores inferiores a 12°C. Nos meses mais frios é comum a formação de geada (EMBRAPA TRIGO, 2016).

3 Caracterização da Biotrigo Genética Ltda.

A Biotrigo localiza-se em Passo Fundo, às margens da Estrada do Trigo. Foi fundada em 2008 e tem como objetivo desenvolver cultivares de trigo adaptadas para o cultivo nas diferentes regiões tritícolas do Brasil e América Latina. Na Argentina, a empresa possui parceria com a Don Mario na cultivar Ceibo que possui a segunda maior área cultivada e, recentemente, a TBIO Audaz, trigo melhorador classificado como grupo 1 do país vizinho. Possui ainda testes de adaptação dos materiais brasileiros na Bolívia. Atualmente, a empresa é líder no Brasil, com cerca de 85% da quota de mercado de cultivares de trigo. Os irmãos Ottoni Rosa Filho e André Cunha Rosa são sócio-fundadores da empresa, que possui matriz em Passo Fundo e filial em Campo Mourão, no Paraná.

Ottoni e André, empresários e melhoristas, são a segunda geração de uma família dedicada à triticultura. Após a graduação em Engenharia Agrônômica, se tornaram sócios na empresa OR Sementes juntamente com seu pai, Ottoni Rosa. Após alguns anos, a empresa passou por uma cisão e os irmãos fundaram a Biotrigo Genética. A nova empresa começou com os fundadores e mais seis funcionários. A primeira cultivar desenvolvida exclusivamente pela Biotrigo se chama TBIO Pioneiro 2010, lançada em 2010.

Um acordo assinado com a Bayer permitiu a utilização do banco de germoplasma da Biotrigo pelo melhoramento de trigo da Bayer nos países onde a Biotrigo não atua. Isso possibilitou a expansão física da empresa e a inauguração da nova sede em 2015, que conta com um prédio de 600 m², considerado referência em eficiência energética e 6 mil metros quadrados de área construída em 14 hectares de área total. Além dessa área, a empresa tem parcerias em outras áreas para testes e experimentos também em Passo Fundo e em Coxilha, município limítrofe. A matriz conta com um conjunto de laboratórios de pesquisa nas áreas de sementes, fitopatologia, qualidade e biotecnologia vegetal, além do setor de experimentação. Possui ainda grandes galpões, onde são armazenadas as sementes experimentais e genéticas, máquinas, equipamentos, etc. A área coberta com casas de vegetação e telados conta com aproximadamente 11 mil m². A equipe atual é composta por mais de 60 colaboradores, distribuídos pelos vários setores da empresa.

Dentre as 28 cultivares TBIO registradas pela Biotrigo até 2019, com a finalidade de produção de farinha e também alimentação animal, a que mais se destacou nos últimos anos foi a cultivar TBIO Toruk, com alto potencial de rendimento e que foi amplamente aceita pelo mercado, chegando a ser semeada em mais de 20% das áreas de trigo do país em

2017. A empresa também é a primeira a lançar uma cultivar com sistema Clearfield® da Basf no mercado, TBIO Capricho CL, caracterizada por ser resistente a herbicidas à base de imidazolinonas. Para obtenção de cultivares tão bem aceitas pelo mercado, a empresa seleciona plantas superiores em três programas de melhoramento genético de trigo, dois localizados no Brasil, em Passo Fundo/RS e Campo Mourão/PR e um na Argentina, em Chacabuco, Província de Buenos Aires. Conjuntamente a isso, há ensaios de avaliação de linhagens puras em vários outros locais no Brasil, que incluem o Cerrado e também fora do país, como na Bolívia.

As cultivares lançadas pela empresa são linhagens puras obtidas principalmente pelo método genealógico, muito usado em programas de melhoramento de espécies alógamas e autógamias. Foram feitas algumas modificações no método clássico, como exemplo, o avanço de gerações na contra-estação em casa de vegetação. Também são utilizados o método de retrocruzamento no processo de formação de algumas cultivares e o método de descendência de uma única semente (SSD) para mapeamento de genes de interesse. O banco de germoplasma possui acessos originados de muitas regiões do planeta, como Estados Unidos da América, Canadá e Argentina.

Os principais objetivos do programa são produtividade, qualidade e segurança. A produtividade é sempre uma característica buscada em programas de melhoramento de qualquer cultura. A qualidade se refere à capacidade da farinha produzida de gerar produtos que atendam às necessidades do mercado, avaliando a força do glúten, estabilidade, cor da farinha, etc. A segurança refere-se a resistência a moléstias que não possuem ferramentas eficientes para controle a campo ou ainda a resistência a distúrbios fisiológicos ocasionados por condições climáticas. No programa do RS há ramificações com linhas específicas de pesquisa no que se refere ao sistema Clearfield® (resistência a herbicidas), ciclo mais longo (maior tempo de cobertura vegetal no solo), cultivares específicas para produção de farinha com a finalidade de produzir biscoitos e plantas com espigas sem arista para alimentação animal, tanto forragens como alimentos conservados.

4 Referencial teórico

4.1 A cultura do trigo

O trigo [*Triticum aestivum* (L.) THELL] como é conhecido hoje pertence à família Poaceae e evidências indicam que sua origem se deu a partir de gramíneas silvestres que se desenvolviam nas proximidades dos rios Tigre e Eufrates por volta de 10.000 a 15.000 a.C. (SCHEEREN *et al.*, 2015). Uma hibridação natural entre as espécies diploides *Triticum urartu* ($2n=2x=14$), portador do genoma A, e *Aegilops speltoides* ($2n=2x=14$), suposto portador do genoma B, deu origem a espécie tetraploide *Triticum turgidum* ($2n=4x=28$) (PETERSEN *et al.*, 2006). O qual cruzou com a gramínea diploide selvagem *Triticum tauschii* ($2n=2x=14$), portadora do genoma D, e deu origem a espécie hexaploide *Triticum aestivum* ($2n=6x=42$) (SCHEEREN *et al.*, 2015).

Segundo Yan (2009), as cultivares comerciais de trigo estão divididas basicamente em dois grupos bioclimáticos: “trigos de inverno” e “trigos de primavera”. No Brasil, a maioria das cultivares comerciais são caracterizadas como trigos de primavera, devido à transição entre as fases vegetativa e reprodutiva não ser acelerada pela vernalização (exposição a temperaturas baixas). Ainda que sejam cultivados alguns genótipos caracterizados como trigos de primavera e estes respondam a vernalização, a sensibilidade ao fotoperíodo (comprimento do dia) e presença de alelos relativos a precocidade intrínseca também afetam a sucessão de estádios e duração do ciclo das cultivares nas diferentes regiões tritícolas do país (CUNHA *et al.*, 2013). Para fins de pesquisa agrícola e transferência de tecnologia, o território brasileiro tem sido dividido em três regiões tritícolas: Sul-Brasileira (RS, SC e centro-sul do PR), Centro-Sul-Brasileira (Norte do PR, MS e SP) e Centro-Brasileira (BA, DF, GO, MG e MT)(CUNHA *et al.*, 2011).

No mundo, o trigo foi cultivado em uma área estimada de 215 milhões de hectares com produtividade de 3.390 kg/ha e produção de 730,5 milhões de toneladas de grãos em 2018 (USDA, 2019). No mesmo ano, a área cultivada no Brasil foi de 2,042 milhões de hectares com produtividade de 2.657 kg/ha e produção de 5,427 milhões de toneladas de grãos. O consumo brasileiro foi de 13,866 milhões de toneladas. O estado que deteve a maior área cultivada e produção foi o Paraná, com 1,098 milhões de hectares e 2,835 milhões de toneladas e a maior produtividade se deu na Bahia, onde foram colhidos 6.000 kg/ha. No Rio Grande do Sul, a área cultivada foi de 681,7 mil hectares, sendo a principal

cultura produtora de grãos no período de outono-inverno-primavera, com produtividade de 2.746 kg/ha e produção de 1,872 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2019).

O trigo é principalmente utilizado na alimentação humana com a produção de farinha, macarrão, biscoitos, bolos, pães, etc. e de forma secundária na alimentação animal, como forrageira ou na composição de ração. O complexo agroindustrial do trigo compreende os atores envolvidos na produção agrícola, indústria de transformação (primária, secundária e terciária), comércio e consumidores finais. A indústria moageira atua diretamente com a transformação dos grãos produzidos e, portanto, é o elo do complexo que repassa para cooperativas e produtores as necessidades dos setores de panificação, massas, consumo doméstico, biscoito e outros usos. Estimativas apontam que 55% da farinha processada é utilizada na panificação, 16% para produção de massas, 13% no consumo doméstico e 10% para produção de biscoitos (DE MORI e IGNACZAK, 2011).

4.2 Principais problemas do trigo

Mesmo com cultivares de elevado potencial de rendimento, que podem atingir mais de 100 sacas/ha, alcançar patamares produtivos mais altos e de forma estável tem sido um dos grandes desafios do cultivo de trigo no Brasil. O rendimento de grãos é resultado da interação de fatores climáticos, biológicos e econômicos, como temperatura do ar, chuvas, características intrínsecas do solo, agentes patogênicos e o custo/benefício de tecnologias empregadas (CUNHA e PIRES, 2005).

No Sul do país, os principais problemas climáticos são a umidade do ar elevada, geada e seca no espigamento ou então chuva na colheita. Além de afetarem o rendimento de grãos, estes fatores diminuem a qualidade tecnológica para uso industrial (MOTA, 1989). Outros problemas estão relacionados à capacidade de investimento do produtor, preço dos insumos, variação do preço do produto no mercado e aspectos de logística (DE MORI, 2009).

As principais plantas invasoras que causam danos no trigo também pertencem à família Poaceae, como o azevém (*Lolium multiflorum*), aveia branca (*Avena sativa*) e aveia preta (*Avena strigosa*). A buva (*Conyza bonariensis* e *C. canadensis*) geralmente é o principal problema referente a plantas de folha larga. Dentre os insetos-praga, têm-se

afídeos, percevejos barriga-verde, lagartas desfolhadoras, larvas de solo e pragas de armazenamento (EMBRAPA TRIGO, 2018).

As principais doenças que afetam o desenvolvimento do trigo são causadas por fungos. Dentre elas, as que causam maiores prejuízos são doenças da parte aérea (manchas foliares, oídios e ferrugens) e doenças da espiga (giberela e brusone). Estas últimas têm gerado maior preocupação por reduzirem o rendimento, qualidade e ainda potencializam problemas na saúde humana através da produção de micotoxinas (LAU *et al.*, 2011).

A qualidade tecnológica do trigo é determinada, principalmente, pelo teor de proteínas e por sua variação, tanto em termos da composição de subunidades, quanto às diferentes frações proteicas que compõem o glúten (BRUNORI *et al.*, 1989). Este fator apresenta grandes oscilações, em especial por depender fortemente do genótipo, ambiente e da interação entre os mesmos (GUARIENTI, 1996). Mandarino (1994) sugere que para uma avaliação mais criteriosa da qualidade dos grãos e farinha, são necessárias as seguintes análises: físicas - peso do hectolitro e massa de mil grãos; físico-químicas - teor de proteína e número de queda; tecnológicas - alveografia, que corresponde a extensibilidade, a tenacidade e a força geral do glúten. A partir da alveografia e do número de queda, as cultivares de trigo estão classificadas em cinco classes: brando, pão, melhorador, outros usos e trigo durum (BRASIL, 1999).

4.3 Melhoramento genético do trigo

4.3.1 Objetivos do melhoramento do trigo

O primeiro objetivo no melhoramento do trigo no Brasil foi adaptar o cultivo a solos ácidos. Na sequência, a resistência a moléstias com enfoque em ferrugem-do-colmo, ferrugem-da-folha e também oídio (ocorrência esporádica). Das moléstias que causam danos nas espigas, a giberela e, mais recentemente, a brusone têm exigido que os programas busquem genótipos com algum nível de resistência, visto as perdas no rendimento e na qualidade dos grãos. Com relação ao tipo agrônomo, a redução do ciclo total da planta foi buscada para favorecer o cultivo em sucessão à soja e a redução da estatura para reduzir problemas de acamamento. Outra característica que vem recebendo muita atenção é a qualidade de panificação, além da resistência à germinação na espiga e a tolerância à geada. Tudo isso aliado ao objetivo primário de qualquer programa de

melhoramento, a estabilidade no rendimento final de grãos ao longo dos anos e nos diferentes locais de cultivo (FEDERIZZI *et al.*, 1999).

4.3.2 Tipos de cultivares e geração de variabilidade genética

O trigo possui flores perfeitas e incompletas (possui androceu e gineceu na mesma flor protegidos pela lema, pálea e glumas) é uma espécie autógama e se reproduz sexuadamente por autofecundação natural com baixa frequência de fecundação cruzada (FEDERIZZI *et al.*, 1999). O tipo de cultivar a ser desenvolvido depende dos interesses do programa e do modo de reprodução da espécie, o que influencia na escolha do método mais adequado de melhoramento a ser empregado. Neste caso, o principal tipo de cultivar são as linhagens puras. Linhagens puras são formadas por indivíduos que descendem de uma única planta derivada de sucessivas gerações de autofecundação. Portanto, possuem a mesma constituição genética (homozigota) e fenótipo homogêneo (BORÉM, 2009).

Como o trigo é cultivado em distintas regiões geográficas e condições ambientais no mundo, isso possibilita aos programas de melhoramento genético usar esta variabilidade genética quando conservada em bancos de germoplasma. No Brasil há o Banco Ativo de Germoplasma de trigo do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo da Embrapa (CNPT) em Passo Fundo, onde são conservados mais de 10 mil acessos de trigo e 2 mil acessos de espécies afins. Com iniciativa de instituições internacionais, como o Centro Internacional de Melhoramento de Milho e Trigo (CIMMYT), a variabilidade genética disponível tem sido distribuída e utilizada pelo mundo (SCHEEREN *et al.*, 2011).

A hibridação consiste no cruzamento artificial entre dois genitores, previamente escolhidos de acordo com o objetivo do programa de melhoramento, em que se realiza a emasculação da flor (retirada das anteras) que será utilizada como genitor feminino antes que o pólen da mesma amadureça. A seguir, o pólen do genitor masculino é coletado e aplicado sobre o estigma da flor feminina (BORÉM, 2009).

Os melhoristas recorrem à hibridação artificial para gerar variabilidade genética e combinar, em um único genótipo, alelos de interesse encontrados em dois ou mais genitores (BORÉM, 2009). Quando o cruzamento envolve apenas dois genitores, ele é dito “simples”. Porém, nem todos os caracteres necessários numa nova cultivar ocorrem em apenas dois genitores. Nestes casos, um terceiro genitor pode ser incluído, cruzando-o com a geração F₁ obtida no cruzamento dos primeiros genitores, caracterizando o cruzamento “triplo” (ALLARD, 1971). Retrocruzamentos com um dos genitores, repetidos uma ou duas

vezes com a geração F_1 também são uma alternativa a ser empregada quando os genitores possuem muitas diferenças fenotípicas, com a finalidade de reduzir a variabilidade e gerar tipos mais adaptados na população segregante (FEDERIZZI *et al.*, 1999).

4.3.3 Métodos de melhoramento

A condução e seleção de gerações segregantes obtidas pela hibridação de dois ou mais genitores pode ser feita por meio de vários métodos de melhoramento de plantas (ALLARD, 1971). Para espécies autógamas, os métodos disponíveis são o genealógico ou *pedigree*, massal, populacional, descendência de uma única semente (SSD), duplo-haploide, seleção recorrente e retrocruzamento. Além disso, variações ou combinações dos métodos citados acima podem ser adotadas (SCHEEREN *et al.*, 2011).

O método genealógico tem sido o mais amplamente utilizado na condução de populações segregantes em cereais em vários países (FEDERIZZI *et al.*, 1999). Neste método, cada planta superior selecionada nas gerações segregantes iniciais dará origem a uma família na geração subsequente, permitindo ao melhorista conhecer o germoplasma, desde que mantenha os registros e as relações de genealogia entre as plantas selecionadas. Nas gerações F_3 e F_4 , caracteres atribuídos às famílias já são observados devido ao aumento da homozigose em muitos locos gênicos. Mesmo assim, ainda há heterozigose entre as plantas dentro das famílias e, então, são selecionadas as melhores plantas das melhores famílias nessas gerações. Já nas gerações F_5 e F_6 a seleção ocorre entre famílias, devido à maioria dos locos gênicos estar em homozigose (ALLARD, 1971).

O método genealógico pode requerer o uso de casa de vegetação para inoculação artificial de patógenos ou o cultivo fora da época normal. Nestes casos, há uma limitação de tamanho das populações, porém há algumas vantagens como obter mais de uma geração no mesmo ano, reduzindo o tempo para se obter uma nova cultivar. Em casas de vegetação podem ser feitos o cultivo da geração F_1 e operações que requerem pouco espaço. Quando algumas gerações segregantes são avançadas fora da estação normal de cultivo para a região alvo, não é possível realizar seleção, pois as mesmas não estão expostas as habituais condições ambientais da estação normal de cultivo e, neste caso, o método é o genealógico modificado (ALLARD, 1971).

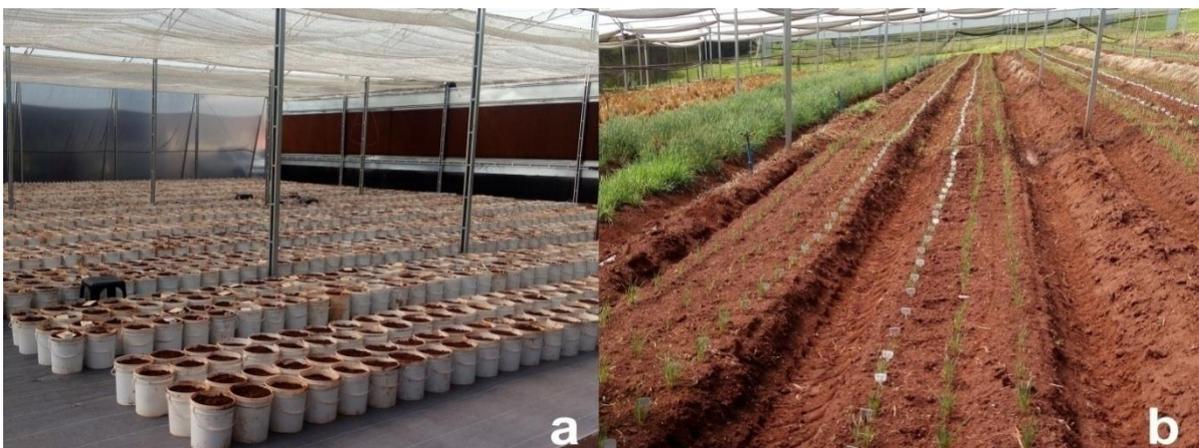
5 Atividades realizadas

5.1 Avanço de gerações

5.1.1 Plantio

No verão são cultivados os indivíduos da primeira geração filial (F_1) resultantes dos cruzamentos realizados na estação normal de cultivo (inverno do ano seguinte) bem como as sementes das plantas selecionadas nas gerações F_3 e F_5 que corresponderão às plantas F_4 e F_6 , avançadas em casa de vegetação. A sementeira das populações segregantes no avanço de gerações é feita em vasos (Figura 1a) e em canteiros (covas ou sulcos) (Figura 1b) e a propagação das populações é feita através de sementes ou mudas. As mudas são obtidas através do cultivo das sementes em espuma fenólica e solução nutritiva, colocadas em câmaras de crescimento em temperatura de 1°C com fotoperíodo de oito horas por seis semanas, promovendo a exposição às baixas temperaturas. Isso ocorre porque alguns genótipos obtidos de introduções de germoplasma de regiões mais frias do planeta necessitam de vernalização durante os estádios iniciais de desenvolvimento para que ocorra o florescimento. Também são produzidas mudas nos casos em que há pouca semente de determinado genótipo, como forma de garantir a germinação e sua multiplicação, mais comum em introdução de genitores no bloco de cruzamentos.

Figura 1 - Condução das gerações segregantes em casas de vegetação e telados em vasos (a) e canteiros (b).



Fonte: Éverton Selau da Rosa.

Todas as populações segregantes cultivadas fora da estação normal de cultivo do trigo no Rio Grande do Sul para avanço de uma geração estão em ambiente protegido,

fazendo com que fatores como o fornecimento de água sejam controlados. Porém, nesses ambientes não há nenhum sistema de controle da temperatura do ar e na maioria delas, o cultivo é feito em canteiros no solo. O cuidado com relação a não misturar envelopes de sementes ou mudas das populações é fundamental. Os vasos, covas ou sulcos contém placas com uma etiqueta que indica seu número no sistema de genótipos, juntamente com sua geração e deve corresponder ao material a ser plantado no espaço marcado.

As populações avançadas no verão foram colhidas no inverno anterior. O tempo reduzido entre colheita e cultivo não promove a quebra de dormência das sementes de todos os indivíduos das populações de forma uniforme. Portanto, para que a germinação ocorra de maneira homogênea, a quebra de dormência é feita pelo método térmico utilizando temperatura de 35°C por 72 horas.

Cada vaso/cova deve produzir de 20 a 30 gramas de sementes, colhidas em massa, para que sejam semeadas as linhas que irão corresponder a estas populações no campo no inverno (estação normal de cultivo no Brasil) e então serem avaliadas fenotipicamente. Nos casos em que menos de cinco plantas germinam, estes materiais são semeados novamente, garantindo, portanto, o estande necessário para produção da quantidade de sementes.

5.1.1.1 Vasos

A semeadura das sementes de plantas que corresponderão às gerações F₄ e F₆ é feita em vasos plásticos de cinco litros utilizando como substrato um composto de solo da região, areia (deixa o substrato mais poroso devido ao maior tamanho de partículas da areia em relação ao solo argiloso da região), cama de aviário e adubo mineral (NPK), trocado a cada estação de cultivo.

O processo de plantio segue uma metodologia simples, feita manualmente. Uma caneta é utilizada como instrumento de auxílio. Em cada vaso, dez sementes/mudas são plantadas, dispostas uniformemente em círculo. A caneta é utilizada para regular a profundidade de semeadura das sementes, na faixa de 1 a 2 cm.

5.1.1.2 Canteiros

A maioria das populações das gerações F₄ e F₆ são cultivadas em canteiros (65 metros de comprimento por 1,2 metros de largura) e semeadas em covas como forma de

produzir maior quantidade sementes para a geração seguinte no inverno. As covas são feitas com um equipamento de madeira com nove pontas que propicia, quando pressionado sobre o canteiro, nove covas distanciadas em aproximadamente 30 cm com 3 a 5 cm de profundidade. A semeadura é realizada com o auxílio de uma colher onde cabem em média quinze sementes. Após isso, as sementes são cobertas por uma fina camada de solo.

O plantio de sementes F₁ Top, denominação da empresa para as sementes originadas de um retrocruzamento (cruzamento de uma F₁ formada por um cruzamento simples com um dos parentais do mesmo cruzamento), e o transplante de mudas nos canteiros é feito com um equipamento de madeira que, quando pressionado sobre o solo, forma sulcos, seguido da deposição das sementes/mudas neste espaço. Nesses casos são plantadas até 35 sementes ou mudas por sulco, mantendo espaço entre plantas no sulco para que seja possível uma avaliação individual, sem seleção artificial, das plantas F₁ Top que, diferente do F₁ Simples, já apresentam segregação.

5.1.2 Controle de plantas daninhas

O controle de plantas daninhas nos vasos, tanto das populações em avanço de geração como no bloco de cruzamentos, foi feito manualmente através do arranquio das plantas que cresciam espontaneamente. Dentre as espécies mais comuns observou-se o papuã (*Urochloa plantaginea* (Link) R. D. Webster) e corda-de-viola (*Ipomoea* spp.), destacando-se no início do cultivo, quando o trigo ainda estava nos estádios iniciais de desenvolvimento. Foram necessárias duas intervenções até que as plantas de trigo impedissem naturalmente, através do sombreamento, a germinação e desenvolvimento de plantas daninhas nos vasos.

5.1.3 Irrigação

O sistema de irrigação utilizado para os vasos na casa de vegetação de avanço do bloco de cruzamentos é por microgotejadores instalados após o plantio da primeira época dos genitores. É um sistema eficiente de irrigação que não promove molhamento foliar e também não promove desperdícios com relação ao uso da água. O acionamento é diário em épocas mais quentes. A participação nesta etapa foi colaborar na montagem do sistema e verificar ocasionalmente se todos os vasos estavam sendo irrigados. Já na área de canteiros

o sistema de irrigação utilizado é o de aspersores, com maior molhamento superficial e menor eficiência no uso da água.

5.2 Bloco de cruzamentos

5.2.1 Condução das plantas

O bloco de cruzamentos da Biotrigo é mantido em ambiente protegido, numa casa de vegetação climatizada moderna que ameniza temperaturas elevadas que ocorrem em dias quentes no verão. A empresa realiza em torno de quatro mil cruzamentos por ano, sendo que metade destes ocorre no verão e, por isso, a necessidade desta estrutura. O plantio dos genitores no bloco de cruzamentos ocorre no mês de janeiro para que, geralmente em março, sejam feitos os cruzamentos artificiais que posteriormente darão origem a sementes F_1 , semeadas no inverno seguinte. No bloco de cruzamentos também há plantas F_1 , as quais serão utilizadas nos cruzamentos F_1 Top.

O plantio é feito em vasos plásticos de cinco litros utilizando substrato idêntico ao dos materiais em avanço, trocado a cada estação de cultivo. São quase 900 genótipos diferentes, dentre eles, linhagens puras elite, cultivares já lançadas pela empresa e demais materiais com genes de interesse para futuro lançamento de cultivares TBIO.

Alguns genitores de maior interesse para o programa possuem maior quantidade de vasos no bloco de cruzamentos. Além disso, algumas linhagens puras são semeadas em sulcos dentro de uma área reservada com solo no bloco de cruzamentos para maior fornecimento de pólen, a qual é conhecida no programa como “estufinha”.

Dentro de cada estação, o plantio é dividido em três épocas, espaçadas em uma semana a fim de possibilitar cruzamentos de genitores com ciclos distintos, aliado a maior quantidade de espigas em estágio ideal para realização de cruzamentos. A propagação dos mesmos é feita através de sementes ou mudas.

O processo de plantio segue uma metodologia simples, feita manualmente. É utilizado como instrumento de auxílio uma caneta. Em cada vaso, dez sementes/mudas são plantadas, dispostas em círculo. A caneta é utilizada para regular a profundidade de semeadura das sementes, na faixa de 1 a 2 cm. O transplante de mudas é realizado a partir da abertura de um espaço no substrato do vaso e então feita a deposição da muda no mesmo.

O cuidado com relação a não misturar envelopes de sementes ou mudas dos genótipos é fundamental. Cada vaso contém uma etiqueta com um número no bloco de cruzamentos que corresponde ao genótipo a ser plantado naquele espaço. As etiquetas dos vasos também possuem cores distintas conforme a época de plantio, sendo elas branca (1º semana), amarela (2º semana) e vermelha (3º semana).

Da mesma forma que na casa de vegetação onde ocorre o avanço de gerações de autofecundação, o sistema utilizado de irrigação é o de microgotejamento. A participação nesta etapa foi colaborar na montagem do sistema e verificar ocasionalmente se todos os vasos estavam sendo irrigados. O controle de plantas daninhas também foi conduzido por arranquio e as espécies são as mesmas encontradas nos vasos das gerações em avanço.

5.2.2 Cruzamentos artificiais: emasculação e polinização

A introdução de genótipos provenientes de regiões mais frias, como a Argentina, requer vernalização para possibilitar a transição da fase vegetativa para a fase reprodutiva das plantas. Porém, o fato de alguns genótipos ficarem um tempo maior do que o necessário na câmara de crescimento (não se tem valores quanto à necessidade de cada genótipo e, por isso, a temperatura e tempo citados anteriormente são utilizados como um padrão) e, associado à ocorrência de temperaturas mais elevadas nos meses de janeiro e fevereiro, houve aceleração do ciclo e florescimento precoce em alguns genótipos. Como consequência, alguns cruzamentos programados pelos melhoristas foram adiantados. Graças a estes fatos, pôde-se acompanhar e também executar muitos cruzamentos durante o estágio, mesmo em uma época em que isso geralmente não aconteceria. O processo possui duas grandes atividades distanciadas temporalmente: primeiramente a emasculação de plantas escolhidas como parental feminino e comumente quatro dias após a atividade, deve ocorrer a polinização com o pólen de plantas escolhidas como parental masculino.

A emasculação deve ser feita obrigatoriamente antes do amadurecimento do pólen, para que não haja autofecundação. O processo é baseado na retirada das anteras das flores laterais da espigeta, mantendo seus respectivos ovários e não danificando os estigmas. Os instrumentos utilizados para o processo são pinça de joalheiro, tesoura, envelope de proteção para a espiga e grampeador, além de um computador com a listagem dos genótipos a serem emasculados, atualizado em tempo real conforme as atividades são realizadas por quem as realizou.

A metodologia adotada na Biotrigo para emasculação inicia pelo transporte dos vasos com os genitores previamente selecionados da casa de vegetação climatizada à área reservada para a atividade, no laboratório de sementes, com bom espaço e iluminação, necessária para otimizar a visualização das estruturas florais. Nesta etapa, os genitores devem apresentar estruturas reprodutivas desenvolvidas entre o estágio de pós emborrachamento e antese completa, conforme a escala fenológica de Zadoks *et al.* (1974), citada por SCHEEREN *et al.*, (2015).

Além do estágio adequado para realização da emasculação, alguns cuidados são necessários para que não haja autofecundação em nenhuma flor da espiga selecionada. Como a maturação da espiga de trigo é dada do centro da espiga para as extremidades, as espiguetas da região basal e da ponta são eliminadas, visto que estas ainda estão com as estruturas masculinas muito pequenas e, neste caso, há maior dificuldade para retirada das anteras de forma completa. Outro cuidado diz respeito à retirada integral da flor central da espiguetas, caracterizada pelo menor tamanho frente às demais, que aumenta excessivamente o tempo necessário para realização do processo de emasculação.

Após as etapas preliminares descritas acima, deve ser feito com a tesoura primeiramente o corte na base da folha bandeira e após cortes horizontais que retirem aproximadamente $\frac{2}{3}$ de cada espiguetas, com a finalidade de que as três anteras de cada flor sejam visualizadas e totalmente retiradas com o auxílio da pinça de joalheiro (Figura 2a). A retirada das anteras não deve lesionar o ovário nem os estigmas, bem como não devem ser retiradas a pálea, lema e as glumas. Antes de colocar o envelope na espiga emasculada (Figura 2b), deve-se realizar uma revisão minuciosa nas flores de cada espiguetas para garantir que nenhuma das anteras ou parte delas tenha permanecido.

Figura 2 - Emasculação: retirada das anteras (a) e espiga emasculada (b).



Fonte: Éverton Selau da Rosa.

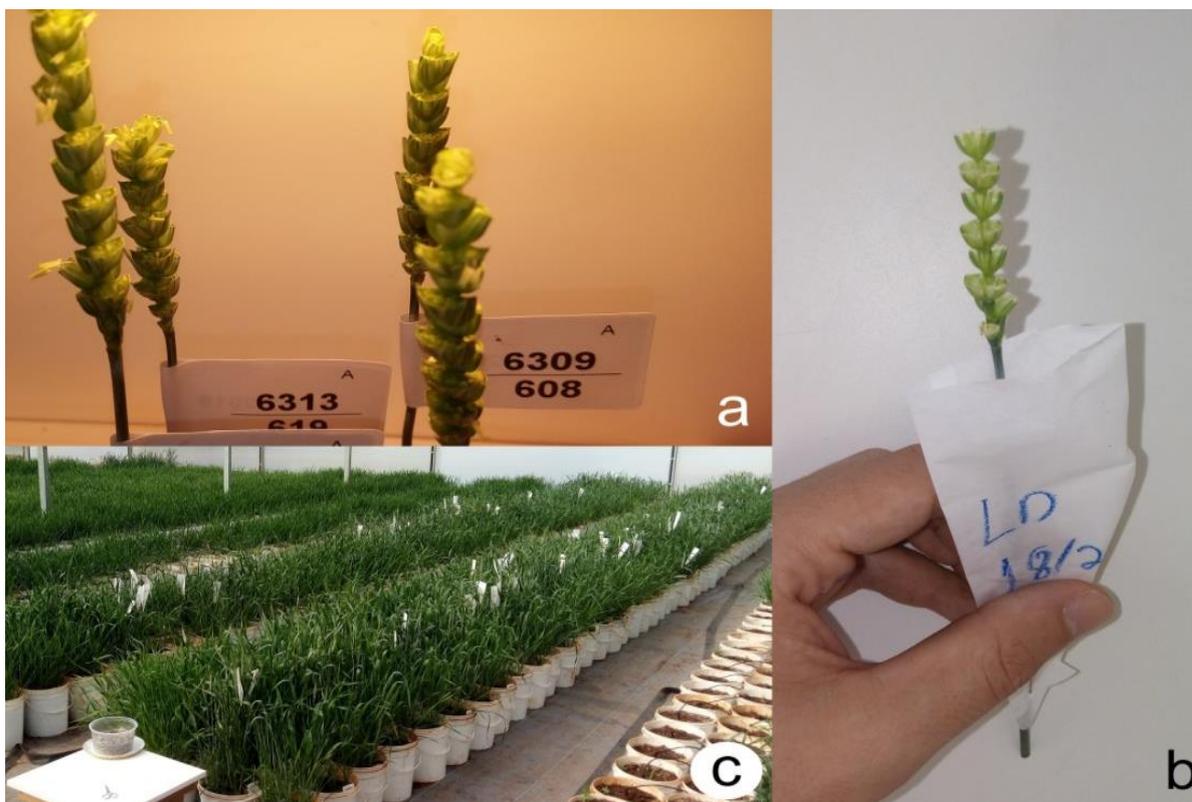
Os envelopes, que evitam cruzamentos com outras plantas não desejadas e promovem proteção física a espiga emasculada, contém algumas informações baseadas em orientações internas da empresa para melhor controle do andamento das atividades. Cada dia da semana possui uma cor que deve ser usada na escrita das informações, ou seja, os dados escritos em envelopes de espigas emasculadas num mesmo dia estarão todos com uma mesma cor. As informações escritas no envelope são a letra inicial do nome de quem realizou a emasculação e a data que a mesma foi feita. Com isso, coloca-se o envelope na espiga e grampeia-se o envelope na parte inferior, com o cuidado necessário para não ocasionar nenhum dano no colmo nem na espiga emasculada.

Quando o crescimento das espiguetas atinge o desenvolvimento ideal e o estigma se torna receptivo ao pólen, processo que leva três a quatro dias no verão realiza-se a polinização. Leva-se o vaso com a planta que possui a espiga a ser polinizada a uma sala fechada e limpa, com a finalidade de evitar cruzamentos indesejados. Nesta sala estão os instrumentos necessários às práticas desta atividade, que são: uma bancada, um computador, lâmpada incandescente, tesoura, pinça de joalheiro e grampeador.

A espiga doadora de pólen deve estar com anteras jovens e amarelas, levemente expostas nas espiguetas do centro da estrutura, pois nesse momento haverá maior disponibilidade de pólen viável. Algumas etapas devem ser realizadas antes da polinização, sendo elas: destaque da espiga pelo corte do colmo; cortes horizontais no meio de cada espiguetas e exposição da espiga à luz e calor produzido por lâmpada incandescente para que ocorra a extrusão das anteras para fora das espiguetas (Figura 3a).

O envelope que protege a espiga emasculada deve ser cortado horizontalmente na parte superior e, então, verificada a presença/ausência de anteras. Se houver qualquer resquício de anteras, a espiga deve ser descartada (Figura 3b). Se não houver, a polinização pode ser realizada. Com o envelope da espiga emasculada devidamente aberto e a espiga doadora pronta, deve-se possibilitar o contato do pólen com os estigmas da melhor maneira possível, com movimentos da espiga doadora ao redor da espiga emasculada. Ao final do processo, deve-se fazer uma dobra próxima à região do corte no envelope e então seu fechamento através de um grampeador. Confirmada a execução do cruzamento na planilha previamente organizada, o vaso é levado de volta ao bloco de cruzamentos (Figura 3c).

Figura 3 - Polinização: extrusão das anteras (a), espiga descartada (b) e bloco de cruzamentos (c).



Fonte: Éverton Selau da Rosa.

5.3 Seleção de sementes

A seleção de grãos é uma etapa simples do programa de melhoramento genético de trigo na Biotrigo, porém essencial, considerada como um complemento da seleção a campo. Os indivíduos selecionados dentro de cada população de melhoramento na estação normal de cultivo de trigo de cada região dos três programas de melhoramento passam pela avaliação visual dos melhoristas da empresa. Tanto populações segregantes iniciais como as populações em gerações avançadas próximas da entrada em ensaios preliminares passam por esse processo, assim como aqueles que passaram por avanço de gerações. Outro ponto importante é a comparação dos grãos de cada planta com linhagens puras usadas como tratamentos controle na avaliação a campo e também de caracteres relativos aos grãos.

As gerações F_5 , F_6 e F_7 passaram por várias gerações de seleção e, com isso, não há grandes mudanças quanto às características físicas das sementes oriundas das linhas destas gerações. Porém, nas gerações F_2 , F_3 e até F_4 , há maior heterogeneidade fenotípica, devido à maior variabilidade genética obtida pelo cruzamento artificial. Nas gerações iniciais, cada planta selecionada a campo tem uma espiga colhida para avaliação dos grãos e posterior

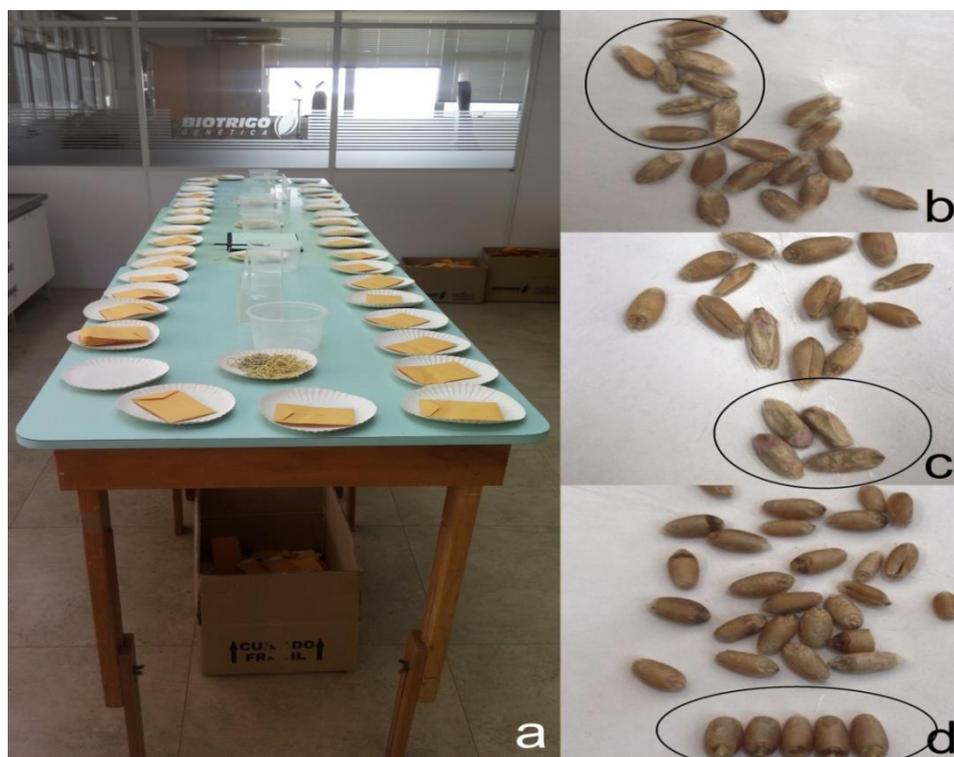
avanço de geração. Com base nos registros e histórico de seleção a campo de cada família e nas características fenotípicas das sementes, alguns são descartados e outros são mantidos. O descarte total de linhas nas gerações finais de seleção ocorre porque o mesmo pode não apresentar determinada característica pela qual vinha sendo selecionado, como a resistência à giberela, facilmente observada nos grãos, ou ainda por características referentes à industrialização, visto que só há quantidade suficiente de grãos para testes de qualidade nas gerações finais de autofecundação.

Cada espiga é trilhada individualmente e suas sementes são mantidas em envelopes identificados por etiquetas. A atividade de avaliação visual dos grãos é feita em local bem iluminado, utilizando uma mesa grande onde são dispostos pratos descartáveis (Figura 4a). Nestes pratos são depositados os grãos de cada material selecionado a campo e, de forma ordenada e consecutiva, o melhorista faz a avaliação do que fica e o que é descartado. As sementes selecionadas voltam aos envelopes e seguem para a etapa de preparo para plantio e o descarte é depositado em recipientes que posteriormente serão torrados. A intensidade de seleção fica em torno de 50% nesta etapa.

Os critérios de seleção variam conforme a origem do genótipo, porém algumas características são levadas em consideração para qualquer região como a produção de sementes por espiga, bem como o formato, tamanho, acentuação do sulco, manchas e coloração do tegumento. Fatores sanitários são mais específicos, como a presença de grãos com giberela no programa do Rio Grande do Sul, a cor da farinha no Paraná, a resistência à brusone em genótipos para o cerrado brasileiro ou, ainda, a busca por linhagens cada vez mais produtivas aliada à qualidade tecnológica na Argentina.

Algumas das características são utilizadas para seleção por terem correlação com características importantes para a cultura do trigo. São exemplos a relação da cor do tegumento com a maior ou menor suscetibilidade à germinação na espiga, o tamanho, formato e a profundidade do sulco dos grãos que influenciam tanto o peso do hectolitro quanto o rendimento, a presença de grãos que não completaram o enchimento (Figura 4b), podendo ser indicativo de ciclo muito longo ou alta suscetibilidade a doenças foliares. Sementes com presença de grãos giberelados (Figura 4c), germinados (Figura 4d), com mancha preta e *panza blanca* (distúrbio fisiológico que afeta a composição química e torna a aparência do grão opaca) são descartados, com poucas exceções.

Figura 4 - Seleção de sementes: materiais para avaliação (a), enchimento incompleto de grãos (b), grãos giberelados (c) e grãos germinados (d).



Fonte: Éverton Selau da Rosa.

5.4 Outras atividades

Neste tópico serão relatadas, brevemente, atividades relativas ao preparo para o plantio. Para organização do material e padronização para plantio, exigido pela semeadura mecanizada, alguns procedimentos são necessários previamente para que a semeadura ocorra corretamente. A colagem de etiquetas é um deles, para identificação de cada genótipo. As etiquetas são impressas em folha adesiva e subdividida, onde cada envelope recebe uma identificação referente ao genótipo que este deve conter. Para o estabelecimento das linhas e parcelas nas gerações segregantes há necessidade de 15 gramas nas gerações segregantes iniciais (F_2 , F_3 e F_4) e de 30 gramas nas gerações avançadas de autofecundação (F_5 em diante). Isso é feito através de colheres que possuem esta capacidade, porém quando não há quantidade de semente suficiente, complementa-se o envelope daquele genótipo com sementes de trigo torradas a 200°C por 10 minutos (inviabiliza o embrião, confirmado por testes de germinação feitos previamente). Já quando há sobra, o genótipo é guardado como reserva. Tudo que é semeado nos três programas passa por esse processo.

A trilha manual de espigas das populações segregantes também é necessária para assegurar a limpeza, armazenagem e posterior plantio das sementes. Para isso, os grãos da espiga colhida são separados da gluma, pálea e lema através do atrito das mesmas a uma superfície áspera qualquer. Quando há muitas espigas a serem trilhadas, o uso de uma trilhadora mecânica favorece o desenvolvimento da atividade.

6 Discussão

O melhoramento genético de trigo da Biotrigo segue o princípio do que é apresentado por Allard (1971) para o método genealógico, com modificação na condução de gerações segregantes, em casas de vegetação, para acelerar o processo de desenvolvimento de uma nova cultivar. Com base no relato das atividades realizadas, fica implícito que pelo cultivo de verão, o programa reduz três anos no tempo para lançamento de uma nova cultivar. A realização de cruzamentos artificiais no verão e o cultivo das gerações F_1 , F_1 Top, F_4 e F_6 promovem redução no tempo de lançamento de uma cultivar, fator que pode influenciar de forma decisiva no seu sucesso comercial, visto às demandas e exigências do setor tritícola e a amplitude das regiões cultivadas, onde um ano a menos pode representar grandes retornos econômicos ao programa.

A redução no tempo de desenvolvimento de uma cultivar é essencial para aumentar o ganho genético por ano (G_y), definido por Fehr (1987) como a divisão do ganho genético por ciclo (G_c), dado pela multiplicação da herdabilidade em sentido restrito (h^2) pelo diferencial de seleção (D), pelo número de anos necessários para completar um ciclo de seleção (y), equivalente ao tempo necessário para o desenvolvimento e lançamento de uma nova cultivar. Entretanto, para isso ser exequível é necessário grande investimento em estrutura, pessoal e conhecimento. A estrutura composta por casas de vegetação e telados, laboratórios, equipamentos e máquinas, desenvolvidos para tornar as atividades mais rápidas, requerem alto capital financeiro para sua aquisição, o que deixa o programa à frente dos demais ao mesmo tempo que eleva seus custos e riscos. A condução de duas gerações por ano torna o intervalo entre plantio e colheita mais curto, o que exige que a equipe responsável por estas etapas de preparo para plantio seja maior que na maioria dos programas de melhoramento. Com isso, o avanço de gerações torna o programa mais oneroso quando comparado àqueles que fazem apenas uma geração por ano, ao mesmo

tempo, o lançamento comercial mais rápido pode compensar isso quando a cultivar lançada atende, através de suas características, as demandas de mercado.

A Biotrigo conta com excelentes profissionais das diferentes áreas que compõem o melhoramento de trigo, tais como a fitopatologia, qualidade tecnológica, panificação, biotecnologia vegetal (pesquisas básicas relacionadas ao mapeamento de alelos favoráveis nos genótipos do programa), além de uma equipe que conduz as múltiplas atividades dos programas nos diversos locais. Convém destacar os trabalhos desenvolvidos nos laboratórios de qualidade e biotecnologia. No primeiro são avaliados todos os critérios de qualidade tecnológica das gerações finais das populações segregantes e linhagens puras, utilizando metodologias modernas e adaptadas às necessidades dos programas.

As gerações F₂, F₃, F₅ e F₇ normalmente não são conduzidas em casa de vegetação ou telados. Nestas gerações a condução é realizada a campo, onde ocorrem seleções fenotípicas. Isso é feito para que se possa identificar as melhores plantas individuais em F₂ e gerar várias famílias na geração F₃. Nas etapas que estão sendo conduzidas em casas de vegetação e telados, é necessário produzir quantidade mínima de cada genótipo para formar uma população na geração seguinte. Por isso, os mesmos são semeados em um ou mais vasos/covas e são conduzidos com cuidados quanto às boas práticas agrônômicas como arranquio de plantas daninhas e irrigação, assegurando quantidade de sementes suficiente para a próxima geração.

Os cruzamentos estão sendo feitos de maneira adequada, visto que têm sido geradas em torno de dez sementes por espiga emasculada, o que permite por si só gerar uma pequena população na geração F₂. Entretanto, o substrato que vem sendo utilizado nos vasos tem como principal matéria prima solo natural, deixando o recipiente com peso considerável. Como os vasos devem ser carregados manualmente até a área de emasculação, o peso torna a atividade mais trabalhosa. Para resolver isso, a empresa tem testado substratos padronizados que são vendidos para usos hortícolas e tornam o peso dos vasos mais leves. O que impede a adoção é o fato de não haver estudos quanto à nutrição das plantas de trigo nesse sistema, já que nenhum programa de melhoramento de trigo no mundo utiliza metodologia semelhante.

A seleção de sementes elimina genótipos com características indesejáveis, o que melhora o aproveitamento da área e recursos. Por isso, é uma atividade de grande importância para evitar um aumento desnecessário no programa. Entretanto, devido à

expansão da empresa, a atividade requer o olhar atento dos melhoristas por muitas horas/dias consecutivos, o que acaba por também gerar custos de operação.

As parcerias estratégicas se mostram importantes para que a empresa cresça mais rápido. São exemplos a parceria com a Bayer que possibilitou a expansão física da sede, favorecendo a ampliação de sua atuação no mercado. Os ensaios em vários locais do país favorecem a geração de cultivares amplamente adaptadas, possível através de parcerias com propriedades particulares e produtores de sementes. Além disso, a parceria recente com a Basf para lançamento de uma cultivar de trigo com tecnologia Clearfield®, que possibilita o controle em pós-emergência de plantas infestantes ao cultivo principal como o azevém, fez com que a empresa se tornasse a pioneira no mercado ao lançar uma cultivar com tal tecnologia.

O banco de germoplasma da Biotrigo, local que não se teve acesso direto durante o estágio, deve ser composto por acessos de regiões bastante distintas, desde a Europa até as Américas do Sul e do Norte, já que muitas linhagens da empresa têm em sua genealogia genótipos de outros locais. Isso favorece a busca por cultivares com maior resistência a moléstias e maior qualidade tecnológica devido ao potencial de se tornar fonte de um grande número de alelos favoráveis diferentes daqueles presentes no programa. Para gerar variabilidade genética no programa, são realizados milhares de cruzamentos artificiais entre os genótipos que favorecem combinações com potencial de gerar cultivares, como foi o caso do TBIO Toruk. A cultivar foi obtida a partir de um cruzamento onde um dos parentais derivou da introdução de germoplasma da França. Cruzamentos entre a geração F₁ e um dos parentais foram descritos por Federizzi *et al.* (1999) e são uma alternativa interessante para desenvolvimento de cultivares de trigo, principalmente quando são cruzados materiais com genótipos muito distintos.

Os objetivos da empresa quanto às características das cultivares parecem estar alinhados aos citados por Federizzi *et al.* (1999) em muitos pontos, principalmente quanto ao tipo agrônomico, resistência a doenças da espiga e qualidade tecnológica. As doenças foliares como o oídio, no entanto, parecem ser critérios secundários de seleção no programa, já que em tese ainda podem ser controladas com aplicação de fungicidas. No entanto, isso pode ocasionar graves problemas no futuro, caso ocorra perda deste tipo de metodologia de controle. De fato, foi detectada alta infecção de plantas por oídio nos telados, o que é um indicativo da ausência de resistência genética no germoplasma.

7 Considerações finais

O melhoramento genético de uma espécie é uma tarefa que exige, antes de tudo, dedicação. É necessário conhecer, com riqueza de detalhes, todo o sistema produtivo que a envolve e, dentro disso, como melhorá-la. Além disso, a atividade é uma tarefa importante e contínua, pois os produtores sempre irão querer cultivares modernas e que solucionem parte de seus problemas agronômicos, já compradores sempre terão critérios cada vez mais exigentes de qualidade. Nunca se obterá uma cultivar perfeita, porém para tornar o cenário positivo a ambos, levam-se anos de constante e progressivas construções para formação de novos genótipos.

Os melhoristas de plantas têm a responsabilidade de selecionar os melhores dentro de um vasto conjunto de genótipos que apresentam variações genéticas e fenotípicas. Suas decisões são influenciadas por quem produz, quem faz a intermediação e por quem compra e/ou consome, no caso de alimentos. No entanto, quem realmente faz as escolhas iniciais são estes profissionais e é sobre eles que recai o êxito como também eventuais fracassos.

A cultura do trigo é cheia de desafios e estes também são os da empresa Biotrigo. A empresa vai além de unicamente lançar cultivares, visando através do lançamento de cultivares para diferentes finalidades de uso da cultura, viabilizar seu cultivo no Brasil e, com isso, também se manter economicamente viável. Ademais, o programa de melhoramento de trigo da Biotrigo certamente permitirá, além do desenvolvimento de novas cultivares, uma excelente contribuição na formação de todos que passam por seu caminho, o que enriquece uma trajetória que teve início nas salas de aulas e que seguirá no campo, em escritórios e laboratórios.

Referências

- ALLARD, R. W. **Princípios do melhoramento genético das plantas**. Rio de Janeiro: USAID, 1971. 381 p.
- BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. rev. e amp. Viçosa, MG: UFV, 2009. 523 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Instrução normativa nº 1, de 27 de janeiro de 1999. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 20, p. 132-134, 29 jan. 1999.
- BRUNORI, A. *et al.* Bread-making quality indices in *Triticum aestivum* progenies: implications in breeding for better bread wheat. **Plant Breeding**, Berlin, v. 102, n. 3, p. 222-231, 1989.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Safra 2018/19: décimo primeiro levantamento. **Acompanhamento da safra brasileira**: grãos, Brasília, DF, v. 6, n. 11, p. 1-45, 2019.
- CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F. **Sistemas de cultivo para rendimento elevado em trigo e o desafio das correlações indesejadas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. (Embrapa Trigo. Documentos online, 48). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do48.pdf. Acesso em: 5 set. 2019.
- CUNHA, G. R. *et al.* Regiões para trigo no Brasil: ensaios de VCU, zoneamento agrícola e época de semeadura. *In*: CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; VARGAS, L. **Trigo no Brasil**: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. cap. 2, p. 27-40.
- CUNHA, G. R. *et al.* Comportamento bioclimático de trigos brasileiros. *In*: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 7., 2013, Londrina. [**Trabalhos ...**]. Londrina: Fundação Meridional, 2013. 5 p. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1029713/1/ID434252013reuniaotrigoeecologia161.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2019.
- DE MORI, C. *et al.* Análise econômica de cereais de inverno de duplo propósito. *In*: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, ROB. S. (ed.). **Forrageiras para integração lavoura-pecuária-floresta na região sul-brasileira**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. cap. 8, p. 151-171.
- DE MORI, C.; IGNACZAK, J. C. Aspectos econômicos do complexo agroindustrial do trigo. *In*: CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; VARGAS, L. **Trigo no Brasil**: bases para produção competitiva e sustentável. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. cap. 3, p. 41-76.
- EMBRAPA TRIGO. **Normais climatológicas (1961 - 1990)**: Passo Fundo-RS. Passo Fundo: Embrapa Trigo, [2016]. Disponível em:

<http://www.cnpt.embrapa.br/pesquisa/agromet/app/principal/normais.php>. Acesso em: 30 ago. 2019.

EMBRAPA TRIGO. Informações técnicas para trigo e triticale - safra 2019. *In*: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 12., 2018, Passo Fundo, RS. [Trabalhos ...]. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 240 p.

FEDERIZZI, L. C. *et al.* Melhoramento do trigo. *In*: BORÉM, A. (ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa, MG: UFV, 1999. p. 535-571.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development**. New York: Macmillan Publishing Company, 1987. 536 p.

GUARIENTI, E. M. **Qualidade industrial de trigo**. Passo Fundo: EMBRAPA - CNPT, 1996. 36 p. (EMBRAPA – CNPT. Documentos, 27). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/849741/1/CNPTDOC.2796.pdf>. Acesso em: 1º set. 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas**. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. v. 1. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/DRB/Divisao%20regional_v01.pdf. Acesso em: 22 ago. 2019.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Passo Fundo: panorama**. Rio de Janeiro, [2019]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/passo-fundo/panorama>. Acesso em: 25 ago. 2019.

LAU, D. *et al.* Doenças de trigo no Brasil. *In*: CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; VARGAS, L. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. cap. 12, p. 283-325.

LECH, O. (org.). **150 momentos mais importantes da história de Passo Fundo**. Passo Fundo: Méritos, 2007. 416 p. Disponível em: <http://www.apletras.com.br/site/images/revistas/livro-150-momentos.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

MANDARINO, J. M. G. **Componentes do trigo: características físico-químicas, funcionais e tecnológicas**. Londrina: EMBRAPA/CNPSO, 1994. 36 p. (EMBRAPA/CNPSO. Documentos, 75).

MOTA, F. S. Clima e zoneamento para a triticultura no Brasil. *In*: MOTA, F. S. (ed.). **Agrometeorologia do trigo no Brasil**. Campinas: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1989. p. 5-35.

MSRS - MUSEU DE SOLOS DO RIO GRANDE DO SUL. **Unidade Passo Fundo**. Santa Maria/RS: UFSM, 2017. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/msrs/index.php/explore/solos/121-um-passo-fundo>. Acesso em: 20 ago. 2019.

PASSO FUNDO. Prefeitura Municipal. **Relatório de Avaliação Ambiental (RAA) do Programa de Desenvolvimento Integrado do Município de Passo Fundo (PRODIN)**. Passo Fundo, 2009. Disponível em: http://www.pmpf.rs.gov.br/servicos/geral/multimidia/RELATORIO_AVALIACAO_AMBIENTAL_PRODIN.pdf. Acesso em: 20 ago. 2018.

PASSO FUNDO. Prefeitura Municipal. **Características físicas**. Passo Fundo, 2017a. Disponível em: <http://www.passofundo.rs.gov.br/secao.php?t=11&p=325>. Acesso em: 20 ago. 2019.

PASSO FUNDO. Prefeitura Municipal. **Economia**. Passo Fundo, 2017b. Disponível em: <http://www.passofundo.rs.gov.br/secao.php?t=11&p=577>. Acesso em: 20 ago. 2019.

PETERSEN, G. *et al.* **Phylogenetic relationships of Triticum and Aegilops and evidence for the origin of the A, B, and D genomes of common wheat (Triticum aestivum)**. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 79, 2006. P. 70-82.

SCHEEREN, P. L. *et al.*. Melhoramento de trigo no Brasil. *In*: CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F.; VARGAS, L. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. cap. 17, p. 427-452.

SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L.; CAIERÃO, E. Botânica, morfologia e descrição fenotípica. *In*: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. (ed.). **Trigo: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2015. cap. 2, p. 35-55.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World agricultural production**. Washington, DC, 2019. Disponível em: <https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/5q47rn72z/n583z624w/n583z6255/production.pdf>. Acesso em: 5 set. 2019.

YAN, L. The flowering pathway in wheat. *In*: CARVER, B. F. (ed.). **Wheat: science and trade**. Ames, IA: Wiley-Blackwell, 2009. p. 57-72.