



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS DE LARANJEIRAS DO SUL
CURSO DE AGRONOMIA**

ELITON EMANOEL VOLFF MARTINELLI

**ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE RIO BONITO DO IGUAÇU:
CONDIÇÕES E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO TRIGO (*Triticum*) NA REGIÃO.**

**LARANJEIRAS DO SUL
2022**

ELITON EMANOEL VOLFF MARTINELLI

ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE RIO BONITO DO IGUAÇU:

CONDIÇÕES E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO TRIGO (*Triticum*) NA REGIÃO.

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. Roberson Dibax

LARANJEIRAS DO SUL

2022

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Martinelli, Eliton Emanuel Wolff
ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE RIO BONITO DO IGUAÇU:
CONDIÇÕES E DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO TRIGO
(Triticum) NA REGIÃO. / Eliton Emanuel Wolff
Martinelli. -- 2022.
37 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Roberson Dibax

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Bacharelado em Agronomia, Laranjeiras do Sul, PR, 2022.

1. Melhoramento genético. 2. Trigo (Triticum). 3.
Biotecnologia de plantas. I. Dibax, Roberson, orient.
II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III. Título.

Elaborada pelo sistema de Geração Automática de Ficha de Identificação da Obra pela UFFS
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ELITON EMANOEL VOLFF MARTINELLI

**ESTUDO DE CASO NA REGIÃO DE RIO BONITO DO IGUAÇU: CONDIÇÕES E
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO TRIGO (*Triticum*) NA REGIÃO.**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia linha de formação em Agroecologia pela Universidade Federal da Fronteira Sul- *Campus* Laranjeiras do Sul (PR)

Orientador: Prof. Dr. Roberson Dibax

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em: 06/04/2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Roberson Dibax- UFFS



Prof. Ms. Jean Carlos Zocche



Eng. Agrônomo Everaldo André Bueno

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me permitir estar nessa caminhada diária que é a vida, por cuidar de mim em todos os meus passos, por me levantar sempre que tenho dificuldades e por me permitir realizar grande parte dos meus sonhos.

Aos meus pais Rosane e Ednilson por terem me auxiliado não apenas financeiramente, mas principalmente por estarem ao meu lado em todos os momentos.

A minha esposa Dalvana por ter sempre me apoiado, e que enfrentou junto comigo todos os desafios e dificuldades por esse caminho.

A minha avó Maria (in memorian), que desde o início da minha graduação me incentivava e ajudava no que era possível, me passando ensinamentos que vou levar pra vida toda, obrigado.

A todos os meus amigos que estiveram comigo, principalmente no período da graduação, pela troca de experiências e pelo apoio.

Ao meu professor orientador Roberson Dibax pela paciência com que conduziu nosso trabalho, me ajudando na construção do mesmo, me auxiliando e dando segurança em todos os momentos que precisei, sugerindo e dando ideias nas horas certas. Certamente sem ele a conclusão desse trabalho não seria possível.

A Universidade Federal da Fronteira Sul por me permitir realizar um dos meus maiores sonhos que é a graduação em Agronomia.

RESUMO

Este trabalho tem base no melhoramento vegetal de plantas, é um processo que ocorre desde o início da humanidade, visando melhorar a qualidade de plantas cultivadas, sua produtividade entre outros fatores. Esse processo está em constante mudança e com o decorrer do tempo vem sendo adaptado por melhoristas que fazem utilização de marcadores moleculares, sequenciamento, seleção genômica, transgenia e edição gênica passaram a ser elementos que são empregados no melhoramento do trigo produzidos em todo o mundo. Com o uso de tecnologias com melhorias no genótipo é a mais valiosa estratégia para o aumento da produtividade de forma sustentável e ecologicamente equilibrada. Trazendo como principal objetivo atualização das principais estratégias biotecnológicas utilizadas para o melhoramento genético do trigo. Dentre as características que têm sido trabalhadas com relação ao melhoramento genético do trigo, destacam-se: Resistência ao estresse biótico e abiótico, consistência dos grãos para diferentes aplicações, ciclo produtivo e características fenológicas da planta, em especial as folhas e colmos, menores teores de glúten para massa mais secas: tipo biscoito. Um panorama da realidade dos agricultores da região de Rio Bonito do Iguaçu. A grande dificuldade encontrada pelos produtores são as adversidades climáticas, como geadas, seca e chuva ocorridos durante o ciclo da cultura. As cultivares mais plantadas na região são da Embrapa e Biotrigo, com variedades como BRS Atobá, BRS Jacana, BRS Sanhaço e TBIO Astro. Através do desenvolvimento deste trabalho pode-se perceber que a cultura do trigo só tem a crescer na região, por ser uma das culturas mais consumidas pelos brasileiro através de seus derivados. Com o melhoramento genético vindo a passos largos e se mostrando bem nas regiões.

Palavras – chave: Melhoramento genético, Trigo, Biotecnologia de plantas.

ABSTRACT

This work is based on the plant breeding of plants, it is a process that occurs since the beginning of humanity, aiming to improve the quality of cultivated plants, their productivity, among other factors. This process is constantly changing and over time it has been adapted by breeders who make use of molecular markers, sequencing, genomic selection, transgenics and gene editing have become elements that are used in the improvement of wheat produced all over the world. With the use of technologies with improvements in the genotype, it is the most valuable strategy for increasing productivity in a sustainable and ecologically balanced way. Bringing as main objective to update the main biotechnological strategies used for the genetic improvement of wheat. Among the characteristics that have been worked on in relation to the genetic improvement of wheat, the following stand out: Resistance to biotic and abiotic stress, grain consistency for different applications, production cycle and phenological characteristics of the plant, especially the leaves and stems, lower levels of gluten for drier dough: biscuit type. An overview of the reality of farmers in the region of Rio Bonito do Iguaçu. The great difficulty encountered by producers is the climatic adversities, such as frost, drought and rain that occur during the crop cycle. The most planted cultivars in the region are from Embrapa and Biotrigo, with varieties such as BRS Atobá, BRS Jacana, BRS Sanhaço and TBIO Astro. Through the development of this work, it can be seen that the wheat crop can only grow in the region, as it is one of the most consumed crops by Brazilians through its derivatives. With the genetic improvement coming in great strides and showing itself well in the regions.

Keywords: Genetic improvement, Wheat, Plant biotechnology.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	11
2.1 Objetivo geral.....	11
2.2 objetivos específicos.....	11
3. JUSTIFICATIVA.....	12
4. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
4.1 Panorama do melhoramento clássico do trigo.....	13
4.2 Histórico do trigo.....	15
4.3 Biotecnologia dos marcadores moleculares genéticos, hibridação.....	18
4.4 Variedades de trigo que toleram modificações genéticas.....	20
4.5 Transformação genética: Realizações e Novidades.....	20
4.6 Transgenia e a redução dos teores de glúten.....	21
4.7 Edição gênica	23
4.8 Transformações genéticas de trigo visando resistência ao estresse abiótico.....	25
4.9 Perspectivas futuras da produção de trigo.....	25
5. METODOLOGIA.....	27
5.1 Revisões bibliográficas.....	27
5.2 Elaboração do questionário.....	27
5.3 Local de Realização do questionário.....	27
5.4 Avaliação e análise de dados.....	28
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	29
7. CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33
APÊNDICES.....	37
APÊNDICE A – Questionário.....	37

1. INTRODUÇÃO

A origem é desconhecida, porém o trigo agricultável teve início na Mesopotâmia (crescente fértil). O homem cultivava o *Triticum vulgare*, pelo menos, há seis mil anos, no início, triturando-o entre pedras rústicas, para aproveitar a farinha. Foram encontrados grãos de trigo nos jazigos de múmias do Egito, nas ruínas das habitações lacustres da Suíça e nos tijolos da pirâmide de Dashur, cuja construção data de mais de três mil anos a.C. (LOPES,2011).

Segundo a Associação Brasileira da Indústria do Trigo - ABITRIGO, 2016, o trigo chegou às terras brasileiro em 1534, trazido por Martim Afonso de Souza, que desembarcou na capitania São Vicente. Esse cultivo começou a se adaptar melhor no Rio Grande do Sul na metade do século XVIII devido ao clima, posteriormente, na década de 40, expandiu-se para o estado do Paraná que se transformou no principal produtor do Brasil.

A qualidade do grão de trigo pode ser definida como resultado da interação que a planta sofre no campo, pelo efeito das condições do solo, de clima, da incidência de pragas e moléstias, manejo da cultura, do cultivar, bem como das operações de colheita, secagem, armazenamento e moagem (POMERANZ, 2011).

Para se atingir potenciais de rendimento elevado no campo é necessário que ocorra uma combinação ótima dos fatores de produção com o genótipo utilizado em cada situação de cultivo e tipo de produtor. (EMBRAPA, 2009). O grande objetivo do melhoramento genético do trigo inserido num contexto de sistema agrícola sustentável é a seleção de variedades que se ajustem perfeitamente ao ambiente, com vista a alcançar o maior nível de produtividade possível e simultaneamente garantir regularidade e estabilidade na produção interanual. (Akutagawa, 2017)

Na cultura do trigo a cada ano são disponibilizados novos genótipos para cultivo, os quais se diferem substancialmente na capacidade de emissão de perfilhamento, no seu ciclo, na arquitetura de planta e no potencial produtivo. Estas diferenças podem interferir na capacidade de absorção, assimilação e conversão do nitrogênio à produção de grãos (SANGOI et al.,2007).

O melhoramento genético vegetal é a mais valiosa estratégia para o aumento da produtividade de forma sustentável e ecologicamente equilibrada, associada ao emprego de melhores práticas culturais como manejo, adubação e irrigação adequados (BORÉM & MIRANDA, 2005).

Os avanços tecnológicos em melhoramento genético, aplicados na produção de trigo no Brasil, têm ganhado destaque nos últimos anos, possibilitando o desenvolvimento de novas cultivares, tais como a TBIO Ponteiro e a TBIO Duque, e em breve as variedades TBIO Sonic (superprecoce) e TBIO Audaz (precoce). (SNA, 2018).

Um dos principais obstáculos para a liberação de novos cultivares com características desejáveis é o tempo gasto para a sua produção. Como o trigo é uma planta autógama, a maioria dos métodos de melhoramento limita-se à hibridação (Artificial), ou retro cruzamentos (Serve para restaurar genes paternos interessantes como por exemplo a produtividade de grãos), seguidos de seleção para uniformidade das características desejadas. Normalmente são feitas de seis a oito gerações de autofecundação e de seis a sete anos de avaliação das linhagens em experimentação regional, o que totaliza de doze a quinze anos, desde o cruzamento inicial até a liberação da nova variedade (CAMARGO, 1993).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Atualização das principais estratégias biotecnológicas utilizadas para o melhoramento genético do trigo.

2.2 Objetivos específicos

- Relatar como os agricultores estão utilizando esses materiais genéticos do trigo em suas produções na região de Rio Bonito do Iguaçu;
- Descrever as principais características que foram melhoradas na cultura do trigo utilizando a transformação genética;
- Discutir as principais novidades promovidas pela biotecnologia para a cultura do trigo;

3. JUSTIFICATIVA

Devido a importância do trigo na alimentação, na necessidade que o Brasil tem em produzir mais, pois hoje o Brasil é referência na importação do trigo, nosso país importa muito trigo da Argentina, estamos muito abaixo da produção que necessitamos, falta material tecnológicos para nossos agricultores. Na Argentina a condição ambiental climática e de solo favorece até mesmo materiais com baixa resposta para produtividade. Vale salientar que, temos trigo no cerrado brasileiro sob sistema de pivô, trilha livre das principais doenças de final de ciclo como giberela e brusone. A produtividade de trigo no cerrado condiciona o efeito fenotípico ideal para produção de sementes de trigo. Acredito que estamos passando por um momento de transição de melhorias na cultura do trigo, por termos essa grande necessidade de tecnologias para a produção necessária, o desenvolvimento dela vai se tornar algo iminente para o futuro, nada melhor do que se situar como funciona essa parte do melhoramento e analisar como o produtor desenvolve a cultura do trigo.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 Panorama do melhoramento clássico do trigo

O trigo (*Triticum aestivum* (L.) THELL) é largamente utilizado na cultura econômica de diversos países produtores de *commodities*. Atualmente, é conhecido por pertencer à família Poaceae, possuindo evidências que indicam que sua origem se deu nas gramíneas silvestres encontradas à beira dos rios Tigre e Eufrates, por volta de 10.000 a 15.000 a.C. (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015). O trigo é, atualmente, separado em dois grupos bioclimáticos: “trigos de inverno” e “trigos de primavera”. No Brasil, a maioria dos cultivares encontrados são os chamados “trigos de primavera”, principalmente por causa da transição da fase vegetativa para a reprodutiva não ser acelerada devido à exposição às baixas temperaturas (ROSA, 2019).

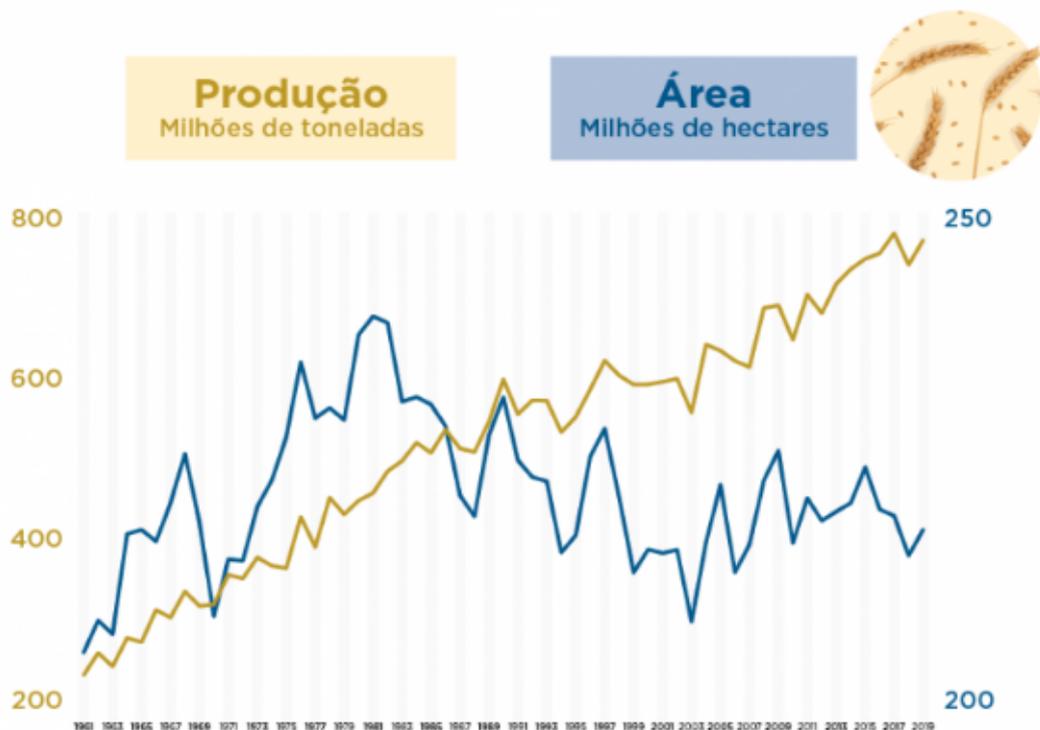
Estima-se que, em 2021, no Brasil todo, tenham sido cultivados 2,739,3 milhões de hectares de trigo, gerando uma produtividade de aproximadamente 2.657 kg/ha e produção de 7,879,2 milhões de toneladas de grãos, sendo o consumo em território nacional de cerca de 13,866 milhões de toneladas (CONAB, 2022). Conforme Rosa (2019), o trigo é uma das principais fontes alimentares no Brasil, considerando que produz farinha, macarrão, biscoitos, uma variedade de alimentos em geral. Devido a uma série de problemas que acometeu e acomete os cultivares de trigo, prejudicando o já considerado alto potencial de rendimento, podendo atingir cerca de 100 sacas/ha, o panorama com relação ao melhoramento genético do trigo tem se expandido.

Conforme explicam Cunha e Pires (2005), o rendimento dos grãos de trigo é uma unificação de fatores climáticos, biológicos e econômicos, que envolvem, por exemplo, a temperatura do ar, o índice de chuvas, as características do solo onde este trigo é plantado, agentes patogênicos e as tecnologias que são empregadas no seu cultivo. Diante disso, Rosa (2019) destaca que o agravamento dos problemas

climáticos têm apontado problemas na safra relacionados à seca e geada, afetando o rendimento e a qualidade do material gerado.

O trigo se caracteriza como um cereal fundamental à segurança alimentar mundial, ocupando o maior espaço de cultivo no mundo, chegando a quase 220 milhões de hectares plantados (FAO, 2020). De acordo com dados disponibilizados pela Food and Agriculture Organization (FAO), a produção anual de trigo é de cerca de 730 milhões de toneladas. Os principais produtores de trigo no mundo até 2018 estavam estabelecidos em China, Índia, Rússia e Estados Unidos. Desde 2019, o Brasil tem crescido nesse espaço, garantindo uma produção estável frente ao comércio mundial. A Figura 1 apresenta o gráfico que ilustra o aumento da produtividade relacionada ao trigo.

Figura 1 – Produção mundial de trigo



Fonte: Croplife Brasil (2020).

A crescente produtividade está relacionada ao amplo espectro de melhorias que vêm sendo aplicadas na produção de trigo desde sua domesticação, conforme explicam Federizzi et al. (1999). Durante o período de 1800, destacam os autores, o

Brasil ocupava o primeiro lugar na produção de trigo na América Latina. Devido às suas características e a sua facilidade de adaptação aos diferentes espaços, o trigo passou a ser parte da discussão internacional em torno de melhoramento genético, expansão da produtividade e insumo no combate à fome e à insegurança alimentar (FAO, 2020).

Assim, os objetivos atrelados às medidas empregadas no melhoramento genético do trigo visam, especificamente, superar os problemas observados atualmente com novas demandas relacionadas ao meio ambiente e a ação do homem sobre os recursos naturais. Este debate não é nem um pouco recente, tendo em vista que Federezzi et al. (1999) já citavam a necessidade do melhoramento genético para que a produção suportasse as transformações climáticas decorrentes da ação do homem. Conforme a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2021), a empresa tem sido responsável pela geração e lançamento de dezenas de cultivares de trigo adaptadas às distintas condições edafoclimáticas brasileiras. Participa ativamente inclusive do mercado de sementes, buscando agregar valor à produção e ao melhoramento genético do trigo brasileiro.

Verifica-se uma exigência considerável na ampliação do melhoramento genético do trigo a médio e longo prazo, especialmente com as tendências mundiais de transformações climáticas, indicando um cenário em que a produção, ou deverá se adaptar, ou desaparecerá em decorrência dos problemas gerados ao solo, da escassez ou excesso de chuvas, do aumento do nível o mar e das mudanças atmosféricas, que impactarão sobre a produção de modo generalizado (EMBRAPA, 2021).

4.2 Histórico do trigo

Acredita-se que o trigo *Triticum aestivum* (L.) THELL, como é conhecido hoje, seja originário de gramíneas silvestres que se desenvolviam nas proximidades dos rios Tigre e Eufrates, por volta dos anos 10.000 a 15.000 a. C. Contudo, os primeiros registros encontrados datam do ano 550 a. C, o que leva a concluir que a maioria das características da planta são conhecidas há mais de 2.000 anos, (SCHEEREN, 2015).

De acordo com dados da FAO (2020), o trigo é da família Poaceae é resultado do cruzamento de duas plantas, *T. turgidum* e *Aegilops tauschii*. As características adquiridas deste cruzamento e dos anos de melhoramento levaram a uma alta adaptabilidade ao ambiente no qual está sendo cultivado, a qualidade nutritiva e a presença de glúten, que garantiu uma diversificação no uso de sua farinha. Dentre as características que têm sido trabalhadas com relação ao melhoramento genético do trigo, destacam-se:

- Resistência ao estresse biótico e abiótico;
- Consistência dos grãos para diferentes aplicações;
- Ciclo produtivo e características fenológicas da planta, em especial as folhas e colmos;
- Menores teores de glúten;

A doença giberela, causada pelo fungo *Gibberella zeae* (*Fusarium graminearum*), a preocupação se deve a uma micotoxina chamada deoxinivalenol, comumente conhecida pela sigla DON, A doença afeta a cultura do trigo no período de floração. Ela entra na planta pela flor e ataca os grãos. É de difícil controle e com alto custo para o produtor, afetando a produtividade e a qualidade. (EMBRAPA, 2020).

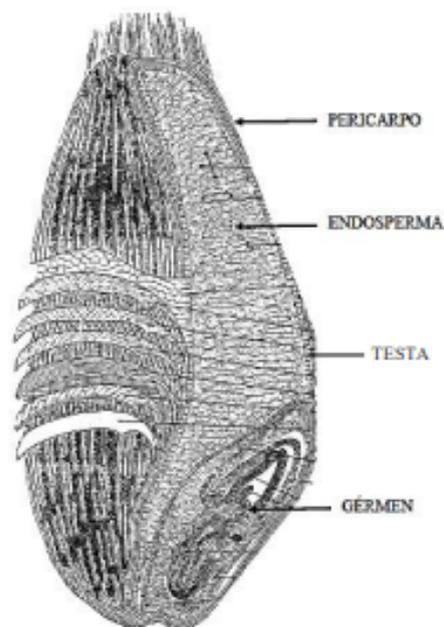
A brusone é uma doença causada pelo fungo *Pyricularia grisea* e os sintomas podem ser observados em toda a parte aérea da cultura do trigo. O sintoma mais comum é o branqueamento de parte da espiga a partir do ponto de infecção. É comum serem observadas no campo espigas parte verde e parte de coloração esbranquiçada. (EMBRAPA, 2020).

O lançamento da Biotrigo Genética, TBIO Trunfo, Isso nos dá confiança de que o material traz a resistência desejada, na questão dessas duas doenças, giberela e brusone que são de grande impacto na cultura do trigo. Esse material tem uma boa combinação entre duas genéticas brasileiras: TBIO Sossego e TBIO Sintonia. A cultivar TBIO Trunfo estará disponível para multiplicação de sementes na safra 2021 e para os produtores de trigo na safra 2022. (BIOTRIGO, 2019).

O estresse hídrico é consequência de um longo período de seca, que provoca a redução do crescimento das plantas devido a redução do potencial da planta, principalmente da fotossíntese e da assimilação de nitrogênio. O estágio de maior perda seria no período de desenvolvimento da inflorescência, antes da fertilização e formação dos grãos, assim podendo causar perdas de produtividade. (LIMA, 2010).

A estrutura do grão geralmente apresenta entre 5 a 9 mm de comprimento, com um peso que varia entre 35 a 50 g. Em quase toda a extensão longitudinal do grão, na parte ventral, oposta ao gérmen, pode-se observar um sulco, que interfere na extração da farinha, exigindo processos abrasivos associados a sucessivas triturações para sua extração. É possível observar essa anatomia a partir da Figura 3.

Figura 3 – Estrutura anatômica do grão de trigo



Fonte: Santos (2018).

A composição química do trigo como um todo é bastante variável, cada parte apresentando uma composição específica de proteínas, como gliadinas e gluteninas, fibra bruta, lipídios e cinzas, além de glúten, aminoácidos, glutamina, entre outros elementos em sua composição (SANTOS, 2018; FRAGOSO; MATOS, 2021).

A evolução de marcadores moleculares, sequenciamento, seleção genômica, transgenia e mesmo edição gênica também passaram a ser elementos que são empregados no melhoramento das características do trigo produzido no mundo (ROSA, 2019). Conforme explica Santos (2018), a identidade genética do trigo está associada à uma variedade de culturas, como a Cevada (*Hordeum vulgare* L.), aveia (*Avena sativa* L.), centeio (*Secale cereale* L.), milho (*Zea mays* L.) e o arroz (*Oryza sativa* L.), devido sua participação na família Poaceae.

4.3 Biotecnologia dos marcadores moleculares genéticos, hibridação.

Bered, Barbosa Neto e Carvalho (1997) já destacavam a utilização de marcadores genéticos no melhoramento genético de plantas, objetivando identificar os genótipos superiores de uma população segregante. Atualmente, são variados os trabalhos que buscam modificar geneticamente o trigo através de marcadores moleculares, objetivando o mapeamento de QTL (“Quantitative Trait Loci”)-(loci de característica quantitativa) e seleção assistida (BUERSTMAYR; BAN; ANDERSON, 2009) e tolerância à seca (GUPTA;BALYAN; GAHLAUT, 2017), por exemplo. Conforme destaca Venske (2017), da década de 1990 ao início dos anos 2000, marcadores AFLP (em inglês- Amplified Fragment Length Polimorphism (polimorfismo de tamanho de fragmentos amplificados), RFLP (em inglês- Restriction Fragment Length Polymorphism - polimorfismo de comprimento de fragmento de restrição) e especialmente o SSR (em inglês-Simple Sequence Repeat- sequências simples repetidas), já haviam sido utilizados em estudos, buscando averiguar a possibilidade de melhoramento genético do trigo.

De acordo com Brondani, 2003 após a identificação de marcadores relacionados a características de interesse através da análise de QTLs, pode-se conduzir testes de DNA nas linhagens derivadas do cruzamento inicial, para descobrir e selecionar as plantas que possuam os alelos favoráveis em homozigose para os QTLs identificados. A este procedimento convencionou-se chamar de Seleção Assistida por Marcadores (SAM), e os exemplos mais marcantes envolvem características cujo controle genético é resultante da expressão de um ou poucos genes.

Entretanto, só se observou verdadeiro avanço após 2005, quando os marcadores do tipo DArT (em inglês- Diversity Array Technology) têm permitido eficiente avaliação genética em nível molecular, passaram a ser utilizados e, posteriormente, os SNPs (em inglês-single nucleotide polymorphism- polimorfismo de nucleotídeo único), começaram a ser organizados em plataformas de genotipagem, permitindo o estabelecimento de tecnologias de sequenciamento genético que mapearam e geraram mais de 450 mil *loci* de trigo (AKBARI et al., 2006; WANG, S. et al., 2014; WINFIELD et al., 2016; VENSKE, 2017).

“A hibridação atualmente consiste na utilização dos marcadores moleculares é uma prática muito comum no melhoramento genético nas empresas mais tecnificadas”, explica Rosa (2019, p. 15). Com relação à hibridação, Venske (2017) destaca que, inicialmente, a técnica foi muito mais efetiva ao melhoramento de milho e arroz do que ao trigo. Enquanto estas culturas apresentam vantagens claras no cultivo de populações, o trigo, por outro lado, representa menos de 1% de área cultivada em cultivo híbrido. Tentativas sem sucesso na década de 1980 e 1990 elevaram ao sucesso na metade dos anos 2000 em estudos que buscaram o desenvolvimento híbrido do trigo, tornando esta uma das principais prioridades no desenvolvimento e melhoramento genético do cultivar (LONGIN et al.,2012; WHITFORD et al., 2013).

Conforme explica Venske (2017, p. 37)

A utilização de ferramentas genômicas para analisar o padrão heterótico entre grandes grupos de linhagens se mostrou eficiente na obtenção de híbridos altamente produtivos, sendo a seleção genômica ampla o método mais vantajoso para a predição destes. Neste sentido, vários híbridos têm se mostrado altamente vantajosos quanto a produtividade e resistência à moléstias e várias dificuldades associadas à produção de sementes vêm também sendo superadas

O melhoramento genético, nesse sentido, não apenas fornece um produto final melhor, como também auxilia na superação de desafios atrelados à agricultura, conservação, produção e eficiência na gestão dos recursos naturais que são utilizados para a produção (EMBRAPA, 2021).

4.4 Variedades de trigo que toleram modificações genéticas.

“A variabilidade genética é essencial para o melhoramento genético de plantas, pois é simplesmente a matéria prima para este”, explica Venske (2017, p. 40), contudo, também destaca que os processos de seleção e domesticação que vem sendo realizados nas espécies cultivadas e que objetivam, acima de tudo, o melhoramento genético, precisam considerar o que o autor chama de erosão genética. Essa erosão genética está associada à restrição da variabilidade genética, especialmente do trigo, levando a uma estagnação dos programas de melhoramento genético, criando uma vulnerabilidade genética sobre o cultivar (VOSS-FELS et al., 2015).

Para o trigo, a situação se mostra ainda mais preocupante, pois se trata de uma espécie cultivada reconhecida como naturalmente de restrita variabilidade genética, a comparar-se com as demais espécies hoje cultivadas. Isto se deve pelo fato de poucas plantas das espécies ancestrais terem se envolvido na formação do trigo e por estes eventos terem ocorrido há relativamente pouco tempo atrás, isto é, o trigo é uma espécie jovem, com cerca de somente aproximadamente 10.000 anos. Esse período é insuficiente para que a espécie pudesse acumular mutações ou receber genes ou alelos de outras espécies por processos de cruzamentos interespecíficos naturais (VENSKE, 2017, p. 41).

Silva (2020) destaca que essa situação cria algumas famílias do cultivar que não respondem muito bem às mudanças genéticas, gerando um baixo rendimento quanto às modificações. Destaca ainda que, devido à escassez de genes e alelos requeridos para o melhoramento dentro do germoplasma do cultivar, estabelecendo essa restrição de variabilidade genética na espécie principal de trigo cultivado no mundo (*Triticum aestivum* (L.) THELL), ainda que suas espécies aparentadas contenham riqueza de variabilidade genética.

4.5 Transformação genética: Realizações e Novidades.

O melhoramento das espécies cultivares de trigo não é recente. Como o trigo é cultivado em diferentes regiões geográficas, que apresentam condições ambientais bastante adversas, as transformações com relação ao melhoramento e

adequação se concentraram, primordialmente, no sentido de ampliar a qualidade do produto final gerado pelo cultivar (SCHEEREN et al., 2011). Muitas dessas modificações estavam associadas a um plantio e uma safra mais estáveis, especialmente porque um dos principais problemas do trigo estava relacionado ao seu potencial de rendimento. Rosa (2019) destaca que o potencial já era relativamente alto e o progresso na transformação genética do cultivar apenas impulsionou essa característica.

O Brasil desenvolveu diversos programas relacionados ao melhoramento do trigo nas décadas de 1940 a 1990. Conforme destacam Federizzi et al. (1999), o governo brasileiro criou o Programa de Melhoramento Acelerado do Trigo (PAT), em abril de 1969. Em 1973, o Instituto Agrônomo do Paraná, em Londrina, estabeleceu um programa de melhoramento genético que objetivava o desenvolvimento de variedades de trigo que fossem fortalecidas frente às pragas. Com a criação da EMBRAPA, deu-se início aos trabalhos idealizados pelo Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (CNPTrigo), em 1975. Em 1976, a Organização das Cooperativas do Paraná (OCEPAR) iniciou um programa de melhoramento de trigo, visando o cultivo em solos sem alumínio tóxico.

Os avanços seguem sendo arranjados por meio dos programas de melhoramento genético idealizados e desenvolvidos junto à Embrapa (2021). No panorama de 2017 a 2021, o melhoramento genético do trigo no Brasil avançou significativamente, especialmente pelo incentivo financeiro do setor privado, associado ao melhor desempenho do país na produção e exportação desde 2019 (ROSA, 2019). Conforme Federizzi et al. (1999), a principal motivação para o avanço nos sistemas de melhoramento estava associada aos solos ácidos. Atualmente, os programas de melhoramento genético para o trigo estão buscando alternativas para os problemas que os sistemas produtivos vêm enfrentando com as mudanças climáticas (ROSA, 2019; EMBRAPA, 2021).

4.6 Transgenia e a redução dos teores de glúten.

Os transgênicos são caracterizados como organismos geneticamente modificados (OGMs), que são obtidos a partir da inserção de material genético de

um outro organismo – quase sempre de uma espécie bem diferente da original. São obtidos a partir da evolução de técnicas da engenharia genética. Seu desenvolvimento ocorre por meio de um organismo que recebe uma ou mais sequências de DNA de outro organismo, obtendo-se um genoma modificado (MAPA, 2019).

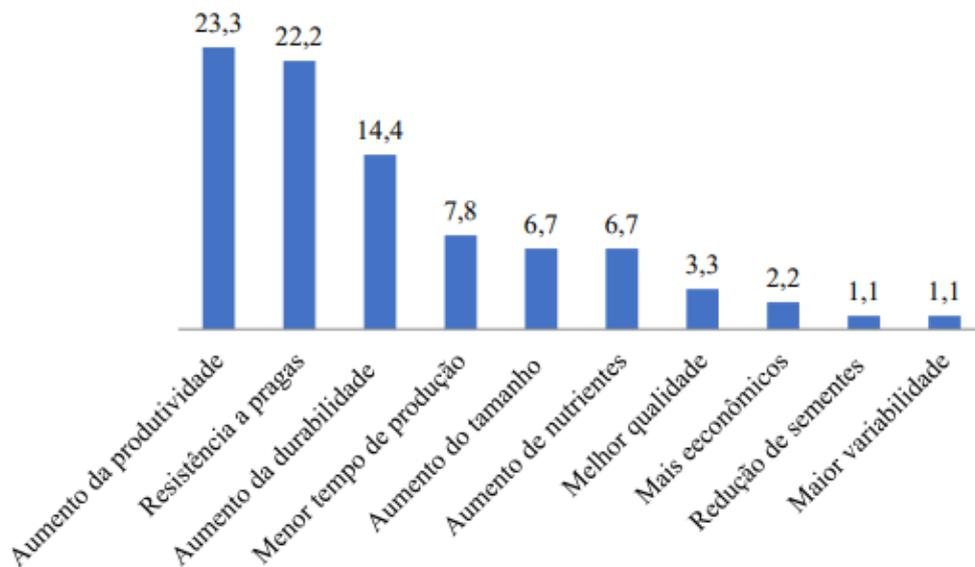
Conforme definem Fragoso e Matos (2021, p. 1).

Os OGMs podem ser definidos como toda entidade biológica cujo material genético (DNA ou RNA) foi alterado mediante a aplicação de técnicas moleculares, resultando em características que não poderiam ser obtidas naturalmente. A Engenharia Genética utilizada para obter os OGMs permite que genes individuais selecionados possam ser transferidos de um organismo para outro, o que é possível até mesmo entre espécies não relacionadas

As principais espécies transgênicas cultivadas atualmente são a soja (*Glycine max*), o milho (*Zea mays*) e o algodão (*Gossypium hirsutum*), no entanto, trigo, feijão, arroz, pimentão e mamão são produtos transgênicos que não são comercializados no Brasil (FRAGOSO; MATOS, 2021). O comércio de trigo, assim como outros cultivares, está intimamente atrelado ao mercado do melhoramento genético. A variabilidade gerada pelos transgênicos não pode ser ignorada como lucrativa para a produção de trigo no país (BANDEIRA, 2021).

De acordo com Fragoso e Matos (2021), uma série de elementos indica os benefícios da utilização de produtos transgênicos, conforme pode-se observar na Figura 4.

Figura 4 – Vantagens da utilização de transgênicos



Fonte: Fragoso e Matos (2021).

Além disso, a modificação genética do trigo e a criação de transgênicos, resultou em uma redução do glúten observado nos produtos à base de trigo, eliminando os riscos do consumo para pessoas celíacas (FERREIRA; INÁCIO, 2018). Conforme relata SANTOS (2018), o tratamento geralmente implica na alta redução do glúten da dieta. Entretanto, investigações recentes têm demonstrado resultados positivos quanto a alternativas para estes indivíduos. Os cultivares transgênicos apresentam novas formas de glúten – diferentes daquelas observadas no *Triticum aestivum* (L.) THELL, garantindo ainda a produção de pão, mas reduzindo os riscos na hora do consumo (FERREIRA; INÁCIO, 2018).

4.7 Edição gênica

Edição gênica tem por definição modificações específicas feitas no DNA dos organismos vivos por meio da ação de nucleases sítio-direcionadas, capazes de modificar a molécula de DNA alvo e ativando em seguida os mecanismos de reparo do DNA de forma natural (HR = recombinação homóloga) ou por NHEJ (junção de extremidades não homólogas), alterando características ou propriedades dos organismos vivos. (EMBRAPA, 2020).

Existem várias técnicas para a edição gênica (ZFNs - Nucleases dedo de zinco),(TALENs - Efetores do tipo ativador transcricional),(CRISPR - Conjunto de repetições palindrômicas curtas. Somente no ano de 2012 teve a Comprovação da eficácia do sistema CRISPR-cas *in vitro* e início da edição genômica mediada por endonucleases guiadas por RNAs programáveis. (EMBRAPA, 2020).

Para a edição de genoma via CRISPR, duas nucleases são comumente utilizadas, a Cas9 e a Cas12a. A nuclease Cas9 tem sido utilizada na maioria dos estudos, uma vez que foi a primeira enzima a ser descrita como ferramenta para a edição gênica. (EMBRAPA, 2020).

Tecnologia CRISPR (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats). A região CRISPR- Cas9 atua como um sistema de defesa de bactérias, em que espaços de DNA de vírus invasores são inseridos entre as repetições e usados como “memória” na infecção futura. Quando as bactérias são atacadas elas produzem endonucleases que clivam (cortam) o DNA invasor em dois impedindo a infecção. faz a alteração do silenciamento gênico ou pode ligar um gene, a partir desse trabalho é feito o reparo do DNA (HR ou NHEJ). (EMBRAPA, 2020).

Estratégias semelhantes foram utilizadas para o desenvolvimento de resistência a doenças causadas por fungos. Em trigo, resistência a oídio (*Blumeria graminis*). Em trigo, o comprimento e peso dos grãos foram melhorados em 2 backgrounds genéticos de trigo (*Triticum aestivum*) a partir do knockout de três homólogos do gene TaGASR7. Com o uso de apenas um sgRNA, com alvo em uma região de sequência conservada entre os homólogos, foi possível realizar knockout dos seis alelos simultaneamente em T0. Com esse trabalho, mais uma vez, foram obtidas plantas não transgênicas com significativo aumento da resistência ao patógeno, mas sem quaisquer alterações em características de interesse agrônômico (EMBRAPA, 2020).

A edição de bases vem se tornando uma potente ferramenta na biotecnologia vegetal para a indução de mutações pontuais direcionadas. O desenvolvimento de variedades tolerantes a herbicidas para as culturas do trigo, arroz, milho e melancia, por exemplo, foi possível pela introdução de mutações pontuais nos genes que codificam as enzimas acetolactato sintase e/ou da acetil-coenzima A, de forma que o produto final não é transgênico (MOLINARI, 2020).

4.8 Transformações genéticas de trigo visando resistência ao estresse abiótico.

A transformação genética é o processo de introdução controlada de ácidos nucléicos exógenos em um genoma receptor, sem comprometer a viabilidade das células. Com os avanços da tecnologia de DNA recombinante, é possível transferir para plantas genes isolados de outras plantas. Permitindo a criação de novas variedades, até o presente, diversos genes foram introduzidos em plantas, conferindo resistência a herbicidas, fungos, bactérias, vírus e insetos e resistência a estresses ambientais. (LIMA, 2010).

Nas plantas transgênicas de trigo (*Triticum aestivum L.*), com o gene P5CS, mas dirigido por um promotor estresse-induzido, apresentaram tolerância a 15 dias sob estresse hídrico severo. (LIMA, 2010).

Na cultura do trigo, muitos trabalhos na literatura apontam a correlação positiva entre um aumento de prolina e resistência ao déficit hídrico. Esta proteção manteria a célula intacta para quando a condição de água à campo fosse restabelecida, o que daria chances às plantas estressadas de recuperação ainda produzindo sementes. (LIMA, 2010).

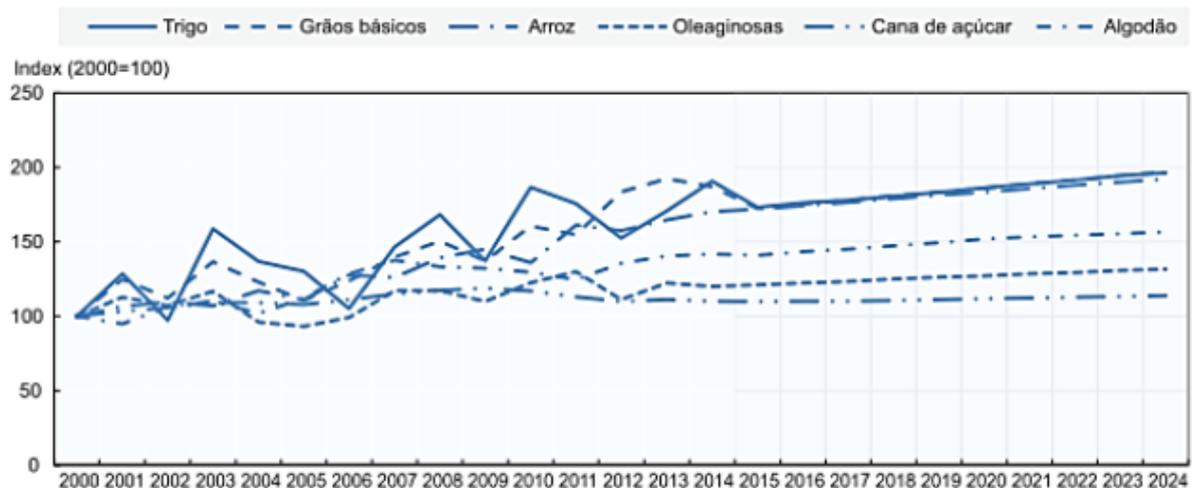
As técnicas de transformação genética de plantas têm permitido acelerar o melhoramento vegetal, gerando variedades com desempenho superior e adaptadas ao ambiente de cultivo. O melhoramento genético vegetal, vem surgindo com destaque para a transgenia, a seleção assistida por marcadores moleculares e a seleção genômica. Contudo, embora tenham papel importante no cenário da agricultura atual, alimentos transgênicos sofrem forte crítica do público, normalmente sendo associados à imagem de algo “não natural” por reunir material genético de diferentes organismos (MOLINARI, 2020).

4.9 Perspectivas futuras da produção de trigo.

Sendo o trigo um dos três cultivares mais importantes do mundo, além de uma das maiores áreas cultivadas, sua produção tem alavancado discussões em

torno do seu papel no futuro da produção mundial. É fato que o consumo de cereais de modo geral deve continuar crescendo, especialmente devido aos problemas que serão observados com relação às mudanças climáticas (USDA, 2018). Com relação às perspectivas de desenvolvimento do setor, especialmente no que tange ao crescimento produtivo, pode-se observar a Figura 5.

Figura 5 – Perspectiva de crescimento de produção de oleaginosas e grãos



Fonte: Santos (2018).

Conforme destaca Santos (2018), a possibilidade de crescimento até 2024 é de ampliação da produção em 6,4% ao ano, especialmente porque o grande incentivo à produção no país e os programas relacionados ao melhoramento genético do grão tem crescido no período de 2017-2021, indicando resultado extremamente positivos ao setor a média preço (EMBRAPA, 2021).

5. METODOLOGIA

5.1 Revisões bibliográficas

A pesquisa envolve uma revisão do panorama geral do melhoramento genético da cultura do trigo, seja ele tradicional, convencional, transformação genética ou recombinação gênica, envolvendo como era nos primórdios até os últimos cinco anos. Visando como se faz o desenvolvimento de novos materiais de melhoramento do trigo.

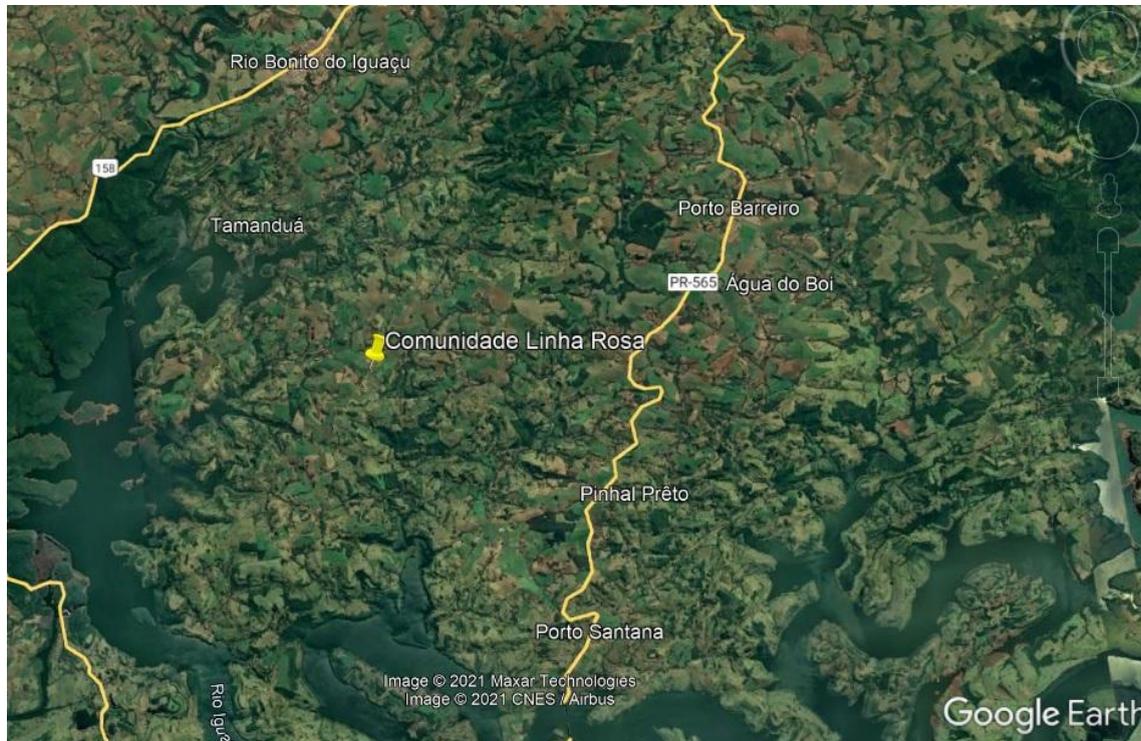
5.2 Elaboração do questionário

A metodologia utilizada para a realização desse trabalho, em um primeiro momento vai ser à realização de uma análise global na região de estudo e em outras, consultando trabalhos já realizados sobre o assunto e em seguida aplicação de um questionário sobre o tema de pesquisa para ser aplicado aos agricultores da região de Rio Bonito do Iguaçu. (Questionário anexo: **Apêndice A**)

5.3 Local de Realização do questionário

O local que será aplicado o questionário será no município de Rio Bonito do Iguaçu nas proximidades da comunidade Linha Rosa, sendo conduzido em 15 propriedades que fazem o trabalho de cultivo do trigo, o período de coleta de dados que vai acontecer entre os meses de novembro e dezembro com a aplicação de questionário e observações de campo.

Figura 6: Mapa do Município de Rio Bonito do Iguaçu com localização da comunidade de Linha Rosa.



Fonte: Google Earth,(2021).

5.4 Avaliação e análise de dados

Seguindo com o trabalho, após a coleta dos dados junto aos produtores elaborou-se a análise dessas informações levantadas, considerando também as observações feitas a campo para dar continuidade e caráter científico ao estudo. Depois de concluída as análises das observações e dos dados, pois através das observações das potencialidades e dificuldades encontradas, podem ser sugeridas possíveis soluções, que poderão dar sequência a esse trabalho.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

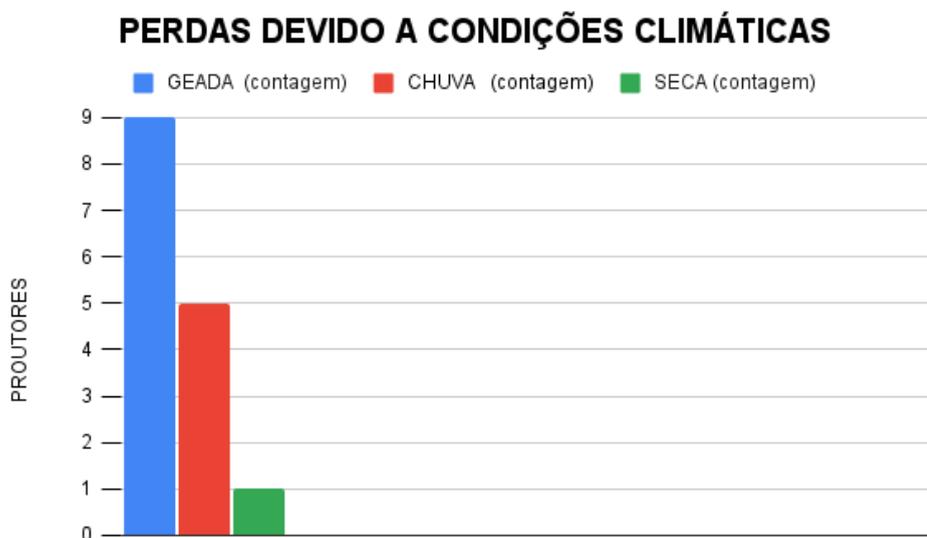
Com base no questionário, na conversa e na observação da propriedade dos agricultores produtores de trigo na região de Linha Rosa levantamos informações importantes, essas informações foram analisadas e serão desenvolvidas a seguir no trabalho.

Segundo os dados levantados a campo, pode-se dizer que todas as propriedades visitadas usam sementes compradas e tratadas. A maioria dos agricultores consultados já trabalha com sementes melhoradas há muito tempo, tendo a maior parte de suas produções com material de alto padrão genético e produtivo.

De acordo com Embrapa, (2016) a sucessão soja-trigo, se apresenta como uma grande alternativa, do ponto de vista agrônomo. Isto porque, se alterna entre a leguminosa e a gramínea, o que condiciona os solos, melhorando o processo de adubação, além de reduzir a incidência de ervas daninhas, pragas e doenças.

As motivações citadas pelos agricultores da região são em relação ao aumento de área cultivada do trigo, devido a alta de preço dos últimos anos e a estabilidade de produção da cultivar se mantendo alta. A grande dificuldade encontrada pelos produtores são as adversidades climáticas, como geadas, seca e chuva no momento de colheita da cultura, um agricultor comentou que colheu trigo podre da lavoura por excesso de chuvas no momento da colheita, outro já teve que acionar o seguro por motivo de geada o que acabou comprometendo a cultura.

Figura 7: O gráfico mostra a quantidade de produtores e suas perdas devido a condições climáticas.



Fonte:Elaborado pelo autor, (2022).

As cultivares mais plantadas na região são da Embrapa e Biotrigo, com variedades como BRS Atobá, BRS Jacana, BRS Sanhaço e TBIO Astro a produção dessas variedades é muito variada uma pra outra, mais em media de produção elas atingem uns 62 sacos/ha, uma média de 150 sacos/alqueire. Grande parte desse trigo é destinado para a cooperativa da região que faz o uso para a fabricação de farinha, onde é vendida até mesmo na região.

O manejo fitossanitário para os agricultores foi o mais complicado, já que teve grande índice do pulgão-das-folhas (*Metopolophium dirhodum*) e Ferrugem da Folha do Trigo (*Puccinia triticina*) atacando a cultura da região, os agricultores relataram que fizeram em média três aplicação para pulgão e três de fungicida. Seguindo a orientação e recomendação dos agrônomos que fazem o acompanhamento das áreas.

Na parte de insumos e semente são todos recomendados e comprados pela cooperativa que presta assistência na região, o custo pode chegar em torno de 4.800,00 reais/alqueire contando o gasto com máquinas. O lucro final do agricultor é em torno de 8 mil reais/alqueire.

Figura 8: A tabela mostra as culturas seguindo seu ciclo- semeadura.

MANEJO DAS CULTURAS DE ACORDO COM OS PRODUTORES	
Culturas	Ciclo- Semeadura
Soja	Outubro- Dezembro
Feijão	Janeiro- Março
Trigo	Abril- Outubro
Milho	Fevereiro- Março
Aveia	Março- Julho

Fonte: Elaborado pelo autor, (2022).

Grande parte dos agricultores preferiria fazer o manejo soja-feijão-trigo e depois na sequência soja de novo. Mas como depende muito da época de semeadura, ciclo da cultura e variedade escolhida e condições favoráveis para a semeadura. O que acaba acontecendo com outros agricultores manejo de soja-trigo, por motivos que não conseguem fazer o manejo de uma terceira cultura por questão do ciclo, alguns acabam optando por soja-milho- aveia para cobertura . Muitas vezes essa escolha é variada, acaba acontecendo que o agricultor muitas vezes não faz a semeadura do trigo por motivos de preço ou até mesmo previsão de geada- tardia na região.

7. CONCLUSÃO.

Através do desenvolvimento deste trabalho pode-se perceber que a cultura do trigo só tem a crescer na região, por ser uma das culturas mais consumidas pelos brasileiros através de seus derivados. Com o melhoramento genético vindo a passos largos e se mostrando bem nas regiões.

O melhoramento genético de plantas consiste em desenvolver genótipos que ajude no melhor desenvolvimento da cultura a campo, e outros fatores de ambiente que dêem uma maior produção econômica por área e que sejam adaptados às necessidades dos agricultores e dos consumidores. Portanto, o melhoramento genético tem sido um fator decisivo no aumento da produtividade agrícola.

Esse desenvolvimento contribuiu para genótipos de resistência a doenças causadas por fungos. Como a resistência a oídio (*Blumeria graminis*) que já se tem, materiais com comprimento e peso de grãos específico para uma determinada produção como para fabricação de pão ou massas, Além disso, a modificação genética do trigo e a criação de transgênicos, resultou em uma redução do glúten observado nos produtos à base de trigo, eliminando os riscos do consumo para pessoas celíacas.

Na produção os agricultores podem fazer o plantio de soja precoce colher e fazer o plantio de feijão e depois o trigo, mais os agricultores preferem fazer o plantio de soja e trigo safra normal, já que para os produtores é mais seguro o trigo do que o feijão na questão de venda o feijão é somente venda direta, o trigo pode ser depositado em cooperativa caso o preço de venda não esteja bom.

A próxima safra vai ser desafiadora para os produtores de trigo já que o preço dos insumos e sementes estão cada vez mais altos praticamente dobrando de valor, mas os agricultores acreditam muito no preço de venda que as expectativas são muito boas para a safra 2022/2023.

REFERÊNCIAS

AKBARI, M.; WENZL, P.; CAIG, V.; CARLING, J.; XIA, L.; YANG, S.; USZYNSKI, G.; MOHLER, V.; LEHMENSIEK, A.; KUCHEL, H.; HAYDEN, M. J.; HOWES, N.; SHARP, P.; VAUGHAN, P.; RATHMELL, B.; HUTTNER, E.; KILIAN, A. Diversity arrays technology (DART) for high-throughput profiling of the hexaploid wheat genome. **Theoretical and applied genetics**, v. 113, n. 8, p. 1409-1420, 2006.

AKUTAGAWA, Karla Hikari; MOREIRA, Régis Eduardo; SILVA, Aylanna Alves da. **Fatores e técnicas de produção da cultura do trigo visando à produtividade e qualidade**. Anais ISSN- 2176-3097. 2017.

BANDEIRA, João Luciano. **A dinâmica geoeconômica do setor de genética vegetal no Brasil:: os casos de milho, soja e trigo**. 2021.

BERED, F.; BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F. I. F. de. Marcadores moleculares e sua aplicação no melhoramento genético de plantas. **Ciência Rural**, v. 27, n. 3, p. 513-520, 1997.

BERED, Fernanda; BARBOSA NETO, José Fernandes; CARVALHO, Fernando Irajá Félix de. Marcadores moleculares e sua aplicação no melhoramento genético de plantas. **Ciência Rural**, v. 27, p. 513-520, 1997.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. Melhoramento de plantas. – 4.ed. – Viçosa : UFV, 525p., 2005.

BOSCHINI, A.P. M. Produtividade e qualidade de grãos de trigo influenciados por nitrogênio e Lâminas de água no distrito Federal. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília/DF. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/8060/1/2010_AnaPaulaMassonBoschini.pdf> Acesso em: 02/10/2021.

BORTOLON, Liane Balvedi Poersch. **Bases moleculares da resposta à seca e caracterização do potencial androgenético a cultivares brasileiras de trigo**. 2015.

BUERSTMAYR, H.; BAN, T.; ANDERSON, J. A. QTL mapping and marker-assisted selection for Fusarium head blight resistance in wheat: a review. **Plant Breeding**, v.128, p. 1-26, 2009.

CIMA, Francieli Fatima. Otimização de protocolo para produção de plantas duplo-haplóides através da cultura de micrósporos isolados de trigo. 2014. Disponível em: http://repositorio.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/3063/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Francieli_Cima.pdf> Acesso em 10/10/2021.

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.

CUNHA, J. P. A. R.; MOURA, E. A. C.; JÚNIOR, J. S.; ZAGO, F. A.; JULIATTI, F. C. Efeitos de pontas de pulverização no controle químico da ferrugem da soja. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.28, n.2, p.283-291, 2014.

DIGESTIBILIDADE DO TRIGO. 2018, 115 f. Dissertação (Mestre em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

EMBRAPA, apud. SCHEEREN, Trigo , 2009, 2016, 2020, 1999. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/bp/p_bp74_3.htm>. Acesso em: 05/10/2021.

EMBRAPA. **Melhoramento genético de trigo para o Brasil 2017-2021**. Brasília: EMBRAPA, 2021.

FAO. Countries by commodity, 2020. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity. Acesso em: 10/07/2020.

FEDERIZZI, L. C. et al. **Melhoramento do trigo**. São Paulo: Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE), 1999.

FERREIRA, F.; INÁCIO, F. Patologia associada ao trigo: Alergia IgE e não IgE mediada, doença celíaca, hipersensibilidade não celíaca, FODMAP. **Rev Port Imunoalergologia** 2018; 26 (3): 171-187.

FRAGOSO, Jane Elen Almeida; DE MATOS, Renata Fernandes. TRANSGÊNICOS: COMO ESTES SÃO CONHECIDOS PELOS ALUNOS DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS?. **Cientific@-Multidisciplinary Journal**, v. 8, n. 2, p. 1-7, 2021.

GUPTA, P. K.; BALLYAN, H. S.; GAHLAUT, V. QTL analysis for drought tolerance in wheat: present status and future possibilities. **Agronomy**, v. 7, n. 1, p. 5, 2017.

LIMA, Lettice Aparecida Dias Canete de et al. **Tolerância ao déficit hídrico de eventos de trigo transformados com o gene p5cs**. 2010.

LONGIN, C. F. H.; MÜHLEISEN, J.; MAURER, H. P.; ZHANG, H.; GOWDA, M.; REIF, J. C. Hybrid breeding in autogamous cereals. **Theoretical and applied genetics**, v. 125, n. 6, p. 1087-1096, 2012.

LOPES, Lorena Natácia da Silva. **Revisão literária do melhoramento da cultura do trigo**. Estudos em doenças de plantas, 2011. Disponível em: https://fitopatologia1.blogspot.com/2011/04/revisao-literaria-do-melhoramento-na_26.html> Acesso em: 02/10/2021.

Mapa. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Organismos Geneticamente Modificados, 2019. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/organismos-geneticamente-modificados>. Acesso em: 01 dez. 2021.

MAZIERO, M. Eficiência do uso de nitrogênio sobre a produtividade e qualidade tecnológica de cultivares de trigo em distintos sistemas de sucessão. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso de Agronomia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/3357>> Acesso em: 05/10/2021.

MOLINARI, H. B. C. et al. Tecnologia CRISPR na edição genômica de plantas: biotecnologia aplicada à agricultura. **Embrapa Agroenergia-Livro científico (ALICE)**, 2020.

ROSA, E. S. de. **Acompanhamento das Etapas do Melhoramento de Trigo na Biotrigo Genética**. 2019, 33 f. Monografia (Curso de Agronomia) – Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

SANTOS, Iara Regina dos et al. Efeito da germinação no amido, proteína e digestibilidade do trigo. 2018.

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.

SCHEEREN, P. L.; DE CASTRO, R. L.; CAIERÃO, E. Botânica, morfologia e descrição fenotípica. **Embrapa Trigo-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2015.

SCHEEREN, P.L.; CAIERÃO, E.; SÓ E SILVA, M.; BONOW, S. Melhoramento de trigo no Brasil. In: PIRES, J.L.F.; VARGAS, L.; CUNHA, G.R. da. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo, RS: Embrapa Trigo, p. 427-452, 2011.

SILVA, Alberto do Nascimento. **Alterações morfofisiológicas e qualidade de grãos em culturas com potencial para cultivo em safrinha no Cerrado**. 2020. Tese de doutorado.

SILVA, M. F. Desempenho de genótipos de trigo em condições edafoclimáticas distintas do estado de São Paulo. - Campinas, 2011. - 102f. : Dissertação (Mestrado). Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia. Instituto Agrônomo (IAC). Campinas, 2011.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Melhoramento genético possibilita o desenvolvimento de novas cultivares de trigo. 2018**. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/melhoramento-genetico-possibilita-o-desenvolvimento-de-novas-cultivares-de-trigo-mostra-a-lavoura-online/>> Acesso em: 05/10/2021.

USDA. 2018. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **World agricultural production**. Disponível em: <<https://www.fas.usda.gov/data/world-agricultural-production>>. Acesso em: 01 dez. 2021.

VENSKE, Eduardo. **Estratégias de avanço no melhoramento genético de trigo: enriquecimento do germoplasma brasileiro com introgressões de Aegilops speltoides e o QTLoma da resistência à giberela.** 2017.

VOSS-FELS, K.; FRISCH, M.; QIAN, L.; KONTOWSKI, S.; FRIEDT, W.;GOTTWALD, S.; SNOWDON, R. J. Subgenomic diversity patterns caused bydirectional selection in bread wheat gene pools. **The Plant Genome**, v. 8, n. 2, p. 1-13, 2015.

WANG, Y.; CHENG, X.; SHAN, Q.; ZHANG, Y.; LIU, J.; GAO, C.; QIU, J. L.Simultaneous editing of three homoeoalleles in hexaploid bread wheat confersheritable resistance to powdery mildew. **Nature biotechnology**, v. 32, n. 9, p. 947-951, 2014.

WHITFORD, R.; FLEURY, D.; REIF, J. C.; GARCIA, M.; OKADA, T.; KORZUN, V.;LANGRIDGE, P. Hybrid breeding in wheat: technologies to improve hybrid wheatseed production. **Journal of experimental botany**, v. 64, n. 18, p. 5411-5428, 2013.

WINFIELD, M. O.; ALLEN, A. M.; BURRIDGE, A. J.; BARKER, G. L. A.; BENBOW,H. R.; WILKINSON, P. A.; COGHILL, J.; WATERFALL, C.; DAVASSI, A.; SCOPES,G.; PIRANI, A.; WEBSTER, T.; BREW, F.; BLOOR, C.; KING, J.; WEST, C.;GRIFFITHS, S.; KING, I.; BENTLEY, A. R.; EDWARDS, K. J. High-density SNPgenotyping array for hexaploid wheat and its secondary and tertiary gene pool. **Plantbiotechnology journal**, v. 14, p. 1195-1206, 2016.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário

Questionário a ser aplicado aos agricultores produtores de Rio Bonito do Iguaçu e região.

1. Há quanto tempo cultiva variedades/semente de trigo? E por quê? Motivação?
2. Qual o tamanho da área destinada ao plantio de trigo? E por quê?
3. Há dificuldades para o desenvolvimento ou produção da cultura? Quais?
4. Tem alguma variedade/cultivar específica que você goste de trabalhar? E por quê?
5. Como enfrentar os problemas de manejo de pragas e doenças? Manejo do solo?
6. Como são adquiridas as sementes e adubos para o desenvolvimento da cultura? Na cidade ou região?
7. Como estão os custos de sementes/adubos e defensivos para a cultura? De acordo com o que se produz se tem lucro? Se sim, quantos/ha?
8. Existe alguma assistência técnica para cultura do trigo na região?
9. No seu ponto de vista o valor de venda do produto na região é vantajoso? Se não é vantajoso, porque não plantar outra cultura?
10. Se fosse escolher entre plantar trigo ou feijão na questão de venda, qual escolheria? É por quê? Quais vantagens e desvantagens em escolher essa cultura?